

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE ERRORES MAXIMOS PERMISIBLES ENTRE
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EMPLEANDO DRON Y SISTEMA
DE POSICIONAMIENTO GLOBAL DIFERENCIAL”**

PRESENTADO POR:

BACH. HINOSTROZA QUIJADA, PABLO SABINO.

Línea de investigación Institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2021

Ing. PORRAS OLARTE, RANDO.

Asesor

Dedicatoria

A mi madre Bacilisa Quijada quien estuvo todo el tiempo a mi lado apoyándome y que desde el cielo sigue dándome las fuerzas para alcanzar mis metas.

A mi padre Pablo Hinostroza que siempre me dio la fuerza para seguir mis metas y lo hace hasta ahora hasta alcanzar mis metas.

A mis hermanas por siempre apoyarme en las buenas y malas y por ser ejemplo para seguir.

Pablo Sabino Hinostroza Quijada.

Agradecimiento

Agradecer sobre todo en primer lugar a Dios por darme vida y salud.

Agradecer a mi alma mater la Universidad Peruana Los Andes por permitirme formarme como profesional

A todos los docentes que me brindaron todos sus conocimientos durante mi vida universitaria.

A mi asesor Ing. Rando Porras Olarte, por sus valiosas aportaciones y apoyo incondicional durante el desarrollo de esta investigación.

Pablo Sabino Hinostroza Quijada.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Casio Aurelio Torres López.
Presidente

Ph.D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed.
Jurado revisor

Ing. Julio Fredy Porras Mayta
Jurado revisor

Ing. Nataly Lucia Cordova Zorrilla
Jurado revisor

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.
Secretario docente

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I	15
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Formulación y sistematización del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Justificación	17
1.3.1. Práctica o social	17
1.3.2. Metodológica	17
1.4. Delimitaciones	17
1.4.1. Espacial	17
1.4.2. Temporal	18
1.4.3. Económica	18
1.5. Limitaciones	18
1.6. Objetivos	19
1.6.1. Objetivo general	19
1.6.2. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.2. Marco conceptual	24
2.2.1. Topografía	24
2.2.2. Levantamientos Geodésicos	26
2.2.2.1. Instrumentos o equipos	26

2.2.2. Comparativo entre Drones y Estación Total	28
2.3. Hipótesis	29
2.3.1. Hipótesis general	29
2.3.2. Hipótesis específicas	30
2.4. Variables	30
2.4.1. Definición conceptual de la variable	30
2.4.2. Definición operacional de la variable	31
CAPITULO III	32
METODOLOGÍA	32
3.1. Método de investigación	32
3.2. Tipo de investigación	32
3.3. Nivel de investigación	32
3.4. Diseño de investigación	33
3.5. Población y muestra	33
3.5.1. Población	33
3.5.2. Muestra	33
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.6.1. Levantamiento topográfico con Dron	33
3.6.2. Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial	42
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS	47
4.1. Levantamiento topográfico utilizando Dron y sistema de posicionamiento global diferencial (GPS Diferencial)	47
4.1.1. Del levantamiento topográfico utilizando dron	47
4.1.2. Del levantamiento topográfico utilizando GPS Diferencial	50
4.1.3. PUNTOS DE CONTROL	52
4.2. ERRORES Diferencia del levantamiento topográficos en altimetría; Dron y GPS Diferencial	53
4.2.1. Media aritmética y desviación estándar	54
4.2.2. Prueba estadística “t”	54
4.3.1 Media aritmética y desviación estándar	56

4.3.2 Comparación de los levantamientos topográficos con georreferenciación de los dos métodos usados.	56
CAPÍTULO V	62
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	62
5.1. Error máximo permisible Altimétrico	62
5.2. Error máximo permisible Planimétrico	63
5.3. Diferencia de costos	64
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	70
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	71
ANEXO N° 02: INFORME TOPOGRAFICO	73
ANEXO N° 03: PANEL FOTOGRÁFICO	82

ÍNDICE DE TABLAS

[illegible]

Tabla 5. Coordenadas dron para estudio:	51
Tabla 5. Coordenadas dron para estudio:	51
Tabla 5. Coordenadas dron para estudio:	51
Tabla 5. Coordenadas dron para estudio:	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.	198
Figura 2. fotogrametría con drones	25
Figura 3. Señal de corrección diferencial	28
Figura 4. Levantamiento topográfico con dron.	29
Figura 5. levantamiento topográfico con estación total	29
Figura 6. Característica DJI Phantom 4Pro.	34
Figura 7. Aplicación Pix4D Capture.	35
Figura 8. Características de vuelo.	36
Figura 9. Planificación de vuelo	37
Figura 10. Procesamiento de datos en programa Agisoft PhotoScan.	38
Figura 11. Obtención de curvas de nivel en el programa Agisoft PhotoScan.	39
Figura 12. Puntos de control para el programa Agisoft PhotoScan.	40
Figura 13. Exportación de curvas de nivel al programa AutoCAD 3D civil.	41
Figura 14. Sitio del área de estudio	42
Figura 15. Hito de concreto como punto de control	43
Figura 16. Verificación y nivelación del GPS Diferencial	44
Figura 17. Levantamiento por el método de radiación con el receptor	45
Figura 18. Exportación de los puntos con GPS Diferencial al programa AutoCAD 3D civil.	46
Figura 19. Puntos de control en el campus universitario	54
Figura 20. Comparacion de los levantamientos topograficos en los lados especificados	57

Figura 21. Análisis de costos unitarios del levantamiento topográfico con dron

60

Figura 22. Análisis de costos unitarios del levantamiento topográfico con GPS

Diferencial.

61

RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es el resultado de la evaluación de los errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de posicionamiento Global Diferencial?, y como objetivo general fue: analizar los resultados de la evaluación de los errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial y la hipótesis general que se verificó fue: los errores máximos permisibles están en función del método de levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial.

El método general de investigación fue el científico, el tipo aplicada de nivel explicativo y de diseño no experimental. La población está conformada por los terrenos de propiedad de la Universidad Peruana Los Andes; mientras que la muestra fue tomada de acuerdo al método no probabilístico o intencional constituida por el campus universitario de chorrillos.

Como conclusión principal se obtuvo que, de los levantamientos topográficos analizados en este trabajo de investigación se establece que el efectuado con el sistema de posicionamiento global diferencial es más y exacto teniendo un error máximo de 0.674m en altimetría y un error máximo de 0.007m en planimetría a comparación del dron; en el tema de costos el levantamiento topográfico es el 21.25% más económico ya que abarcamos mayor área en menor tiempo.

Palabras clave: Levantamiento topografico con Dron, sistema de Posicionamiento Globla Diferencail, errores maximos permisibles.

ABSTRACT

The research had as a general problem: What is the result of the evaluation of the maximum permissible errors between topographic survey using a Drone and the Global Differential Positioning System?, And as a general objective was: to analyze the results of the evaluation of the maximum permissible errors between topographic survey using drone and Differential Global Positioning System and the general hypothesis that was verified was: the maximum permissible errors are a function of the topographic survey method using drone and differential global positioning system.

The general research method was scientific, the applied type of explanatory level and non-experimental design. The population is made up of lands owned by the Universidad Peruana Los Andes; while the sample was taken according to the non-probabilistic or intentional method constituted by the chorrillos university campus.

As a main conclusion, it was obtained that, from the topographic surveys analyzed in this research work, it is established that the one carried out with the differential global positioning system is more and more exact, having a maximum error of 0.674m in altimetry and a maximum error of 0.007m in planimetry compared to the drone; In terms of costs, the topographic survey is 21.25% cheaper since we cover a larger area in less time.

Keywords: Topographic survey with drone, Global Differential Positioning system, maximum permissible errors.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: Evaluación de errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial; surge a partir de la necesidad de mejorar la calidad de levantamientos topográficos debido a que estos generan errores que son significativamente grandes, generan problemas como variación en los trabajos topográficos y a su vez generan exceso de costos y por ende se genera un exceso de tiempo de ejecución del trabajo haciendo evidente una falta de precisión, costo y tiempo; siendo así se planteó como objetivo el evaluar los errores máximos permisibles para lo cual se utilizó el levantamiento topográfico con dron y sistema de posicionamiento global diferencial, con esto buscamos llegar a una mayor precisión, variar el costo de producción y disminuir el tiempo de realizar dichos trabajos topográficos.

El desarrollo de este estudio está compuesto por 5 capítulos, los cuales son:

El Capítulo I, trata sobre el problema de investigación, el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la delimitación de la investigación, la justificación, las limitaciones y los objetivos.

El Capítulo II, muestra el marco teórico, los antecedentes de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.

El Capítulo III, desarrolla la metodología de la investigación, donde se explica el método de investigación, tipo de investigación, nivel, diseño, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV, trata sobre los resultados obtenidos en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.

El Capítulo V, explica la discusión de resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Hinojosa Quijada, Pablo Sabino.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional, la tecnología ha avanzado a grandes escalas con el uso del Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (GPS Diferencial) y la fotogrametría con los vehículos aéreos no tripulados (UAV), conocidos como drones, esto conlleva a que los resultados al momento de hacer los levantamientos topográficos tienen un menor grado de error comparado con el levantamiento topográfico tradicional. (Tacca Qquelca, 2015)

A nivel nacional, el uso de sistema de posicionamiento global diferencial (GPS Diferencial) y los drones vienen realizándose para levantamiento de vías, y en lugares de difícil acceso por el tipo de geografía que contamos. El levantamiento topográfico tradicional se viene utilizando en la mayoría de obras civiles y estos nos limita a tener una mejor perspectiva de los relieves topográficos. Estos estudios con el método tradicional no son

suficientes para obtener datos que realmente necesitamos para dichas obras antes de su ejecución.(LAVADO, 2019)

El uso del Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (GPS Diferencial) y fotogrametría con los vehículos aéreos no tripulados (UAV) cada vez es más solicitado, pero no se tiene parámetros para el buen funcionamiento de los equipos mencionados. En este trabajo de investigación realizaremos pruebas de campo y gabinete para comparar precisión, costo y tiempo y verificar cuales son los errores máximos permisibles entre ambos métodos de levantamiento topográfico.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de la evaluación de los errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuánto es el error máximo permisible altimétrico entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial?
- b) ¿Cuánto es el error máximo permisible planimétrico entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial?
- c) ¿A cuánto asciende el costo comparativo entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

Con la presente investigación se pretende contribuir a la solución del problema de levantamientos topográficos utilizando tecnologías innovadoras.

1.3.2. Metodológica

Para desarrollar la presente tesis el investigador hará uso metodologías apropiadas para la recolección de la información de campo, procesamiento de datos de gabinete y extraer resumen los cuales pueden servir de apoyo a otras investigaciones de similares características.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación se realizó en el campus Universitario de la Universidad Peruana Los Andes ubicado en el distrito y provincia de Huancayo, departamento Junín.



Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Fuente: Google Earth (2020)

1.4.2. Temporal

La investigación se realizó durante los meses de octubre a febrero de 2020.

1.4.3. Económica

Los recursos para la investigación fueron asumidos por el tesista en su totalidad, sin recibir apoyo económico externo.

1.5. Limitaciones

No se encontró limitación para el acceso a los ambientes del campus universitario, tampoco se presentó alguna limitación económica que impida realizar los trabajos en campo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Analizar los resultados de la evaluación de los errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el error máximo permisible altimétrico entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.
- b) Comparar el error máximo permisible planímetro entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.
- c) Cuantificar los costos comparativos entre levantamiento topográfico empleando Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

(Villareal Moncayo, 2015) según su tema de investigación “Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control” con su objetivo principal de analizar la precisión del levantamiento topográfico con dron respecto a la densidad de puntos de control, con ello puntualizar la densidad de puntos de control y generar un modelo digital de la zona de estudio con la información registrada con el dron. Su metodología consistió con la recopilación de información relacionada con la cartografía y/o topografía, luego procede con la limitación de la zona de estudio y establece sus puntos de control o GCP (ground control points) en la zona determinada para el efecto. Son puntos tomados mediante GPS en modo RTK (real time kinematic) para obtener una precisión de ± 1.5 cm. Teniendo los puntos de control se continúa con las líneas de vuelo y determinar los tiempos de captura de imágenes y así conseguir un traslape de 75% longitudinal y 30% lateral, con la información recolectada se viene a examinar la precisión obtenida generando los modelos digitales de la zona volada.

Finalmente se concluyó que la precisión del levantamiento topográfico con dron varía de acuerdo con la densidad y ubicación de los puntos de control, fueron 3 los puntos de control mínimos

para realizar el levantamiento topográfico con dron y la máxima precisión que obtuvieron es de 1.64 pixeles por modelo.

(CLAROS et al., 2016), en su trabajo de investigación “Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados” con el objetivo de aplicar fotogrametría a baja altura en levantamientos topográficos con el uso de vehículos no tripulados, establecer un plan de vuelo fotogramétrico, realizar un vuelo sobre la zona de trabajo utilizando el dron, integrar, añadir el RTK que permitan una mejor precisión de georreferenciación de la superficie y la obtener los productos fotogramétricos como un modelo 3D de la superficie, curvas de nivel orto mosaicos y mallas 3D texturizadas. La metodología que utilizo fue la recolección de datos de campo que fue obtenida por fotografías aéreas y los puntos de control que se han señalado en la zona de trabajo, los puntos de apoyo son puntos visibles en las fotografías que son captadas por el dron y tienen la función de relacionar las coordenadas reales de un punto que se encuentra en el terreno con las coordenadas que se registran en las fotografías obtenidas por el dron, esto se hace con el fin de corregir los errores existentes en las coordenadas que dan las fotografías y con ello conseguir mejores resultados con el modelado digital de la superficie. El procesamiento de datos se realizó con el software en fotogrametría Pix4D Mapper Pro. Este programa se encarga de convertir hasta 10 mil imágenes tomadas con el dron en orto mosaicos 2D georreferenciado, modelados 3D de superficie y nube de puntos, los resultados obtenidos son exportables a cualquier software de ingeniería con ello serán procesados en estos programas con el fin de preparar una cartografía que muestre la forma ideal de la información obtenida. Con ello se concluyó que al procesar la información se puede obtener información topográfica del terreno, con esta técnica fue permisible la manipulación de una cantidad considerable de

información esto permite obtener un modelo digital del terreno con mejores resultados en georreferenciación que permite escalarlo y trasladarlo a su posición original en el espacio. Para obtener mejores resultados son necesarios el uso de equipos topográficos tradicionales tales como el GPS, estación total, teodolito, etc. Por lo que la metodología no es una solución definitiva para las necesidades topográficas ni excluye el uso de la topografía tradicional, sino que necesariamente se apoya en ellas para compensar los errores obtenidos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

(Tacca Qquelca, 2015), en su investigación titulada: “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones y método tradicional”, estableció como objetivo general comparar los resultados obtenidos con el dron mediante el uso del software Pix4d Mapper y el método tradicional con ello establecer si las mediciones aerofotografías son similares a los conseguidos con una estación total como en gabinete y como en campo, verificar cual es la diferencia en el tema económico utilizando ambos métodos y determinar con que método implica el menor tiempo, su metodología que utilizo fue recolectar datos a partir de la estación total leica ts 02 de 5” ‘por el método directo, realizo tomas fotográficas aéreas y utilizo el programa software Pix4D Mapper como método indirecto, con ello podemos generar triángulos TIN y a su vez generar curvas de nivel y serán exportadas al AutoCAD Civil 3D 2015, en este programa se procesa las secciones transversales para ver los volúmenes de tierras y comprarlos con del levantamiento topográfico con estación total.

Finalmente concluyo como resultado que los dos métodos utilizados tienen resultados de volúmenes y áreas similares, no obstante el método del levantamiento topográfico con dron es el menos costoso por su ligereza esto con un 95% de confianza, la

diferencia en la variable del costo arroja que es 50% más económico el levantamiento topográfico con dron contra el levantamiento topográfico con estación total, en el tiempo de realizar dichos levantamientos topográficos se toma menos tiempo empleando el dron contra una estación total asimismo se solicita mucho menos personal que el método tradicional.

(Cabada Quiliche, 2019) en su trabajo de investigación: Evaluación de precisión y costo en un Levantamiento topográfico con estación total Y aeronave pilotada remotamente (rpa-dron) en el centro poblado cashapampa – cajamarca 2018, tuvo como objetivo principal de evaluar la diferencia de precisión y costo entre un levantamiento topográfico con la estación total y con una aeronave (RPA - DRON) en el centro poblado Cashapampa – Cajamarca para el desarrollo de su metodología utilizó para el levantamiento topográfico una estación total Lieca TS06 con precisión de 5", un prisma y un trípode; continuo ubicando la primera estación en terreno de estudio y realizo la digitalización de las coordenadas ENZ que obtuvo con un GPS Garmin Etrex 10 y finalmente se comenzó a radiar los puntos para luego hacer la comparación necesaria, y para el levantamiento topográfico con RPA (dron) utilizo un Dron Phantom 4 Pro y un Ipad que va con un aplicación llamado drone Deploy, primero se planifico el área de vuelo y recomienda si es rectangular es más provechoso y que la dirección del vuelo sea paralela al lado mayor del rectángulo, por defecto la velocidad de vuelo fue 15 m/s, terminando el vuelo se comienza a procesar las fotografías tomadas en alta calidad en el software Agisoft Metashape en dicho software se referencio los puntos de control tomados con GPS Diferencial R6 Trimble con ello el programa nos da una ortofoto o nube de puntos estos se exportan al AutoCAD Civil 3D y obtenemos las superficies correspondientes al proyecto.

Con los resultados se pudo verificar una diferencia de 10 veces mayor la precisión en el este y 5 veces mayor la precisión en el norte y 51 veces la precisión en la elevación, en el ámbito del costo con estación total fue S/. 457.92 por hectárea y el área fue 3.24 hectáreas trajo como costo total S/. 1 483.66 y con el RPA (dron) un costo de S/. 418.56 por hectárea y el área fue la misma y trajo como como costo total S/. 1 356.14 y una diferencia de precio de S/. 127.52 menor que la estación total.

Concluyendo que, el levantamiento topográfico con RPA (dron) resulto con mayor precisión contra el levantamiento topográfico con estación total, con todos los datos obtenidos por ambos métodos con la estación total se obtuvo menos detalles por el hecho que no cuenta con la ortofoto, en el tema de costo el levantamiento topográfico con RPA (dron) resulto ser 8.59% menos que el levantamiento topográfico con estación total.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Topografía

La fotogrametría es un término que va evolucionando de acuerdo a la tecnología, hoy en día es usado en los levantamientos con drones que permite obtener información en 3D, y que está siendo introducido al mundo BIM para comparar la modelación con lo construido realmente. Por otra parte, Según (LAVADO, 2019) menciona que “El fundamento inicial en la que se basa la fotogrametría radica en proyectar de manera ortogonal sobre el plano de referencia, la imagen

observada en la fotografía, la cual ha sido proyectada sobre el negativo mediante la proyección central”.



Figura 2. Fotogrametría con Drones.

Fuente: <https://geobax.com/fotogrametria/con-drones/>.

a) Ventajas

Una de las ventajas con el uso de fotogrametría, es la precisión en sus capturas que permite realizar desplazamientos y zoom en los levantamientos topográficos debido a la visión estereoscópica, así mismo (Sedano Mateo & Pari Rendon, 2018) concuerdan en que “Esto permite una correcta identificación de los detalles topográficos, la digitalización directa de los polígonos y la correcta georreferenciación de las líneas resultantes”. Por lo cual se obtiene mucha información tridimensional (3D), permitiendo recaudar detalles en laderas, taludes, etc. No teniendo inconvenientes sea la forma del terreno.

Por otra parte, (Quispe Flores, 2017) menciona algunas comparaciones siguientes:

- El tiempo y costo son reducidos en gran dimensión, debido a la facilidad de manipulación.
- Accesible a todo tipo de terreno, con pendientes extremas.
- Reducción de procesamiento de datos.

2.2.2 Levantamientos Geodésicos

Según (McCORMAC, 2007), los levantamientos geodésicos son representaciones en forma plana que correlacionan la curvatura de la tierra con el radio en el ecuador, así mismo los equipos que normalmente se usan para la planimetría se usan para la altimetría, la cual se expresan en distancias verticales teniendo como referencia el nivel de mar.

2.2.2.1 Instrumentos o equipos

a) Estación Total

La estación total hoy en día es usada masivamente en todas las ciudades en la mayoría de obras de infraestructura y según (Ayala, 2018) menciona que tiene la función de columna vertebral en todo proyecto de ingeniería ya que desde ahí nace el tema económico, diseño, medido entre otros así mismo la estación total ha demostrado que obtiene datos fiables y precisos de mínimos errores, la cual conlleva a su uso masivo.

b) Vehículos Aéreos no tripulados

Este tipo de instrumentos aun no es usado en la mayoría de obras públicas en la ciudad de Huancayo debido al desconocimiento de ventajas y desventajas que tiene este tipo como son los drones, así mismo (Ayala, 2018), define que son equipos con la capacidad de recolectar puntos topográficos a través de sus sensores para misiones fotogramétricas como Inertial Navigation System (INS) y Global Navigation Satellite System (GNSS).

c) Sistema de posicionamiento global diferencial

Este tipo de sistema usa los receptores GNSS, la cual requiere de satélites para lograr recolectar información de una superficie, este tipo de instrumento normalmente conocido como GPS Diferencial usa varios métodos.

c.1. Método Estático

Según (Sedano Mateo & Pari Rendon, 2018), menciona que “La ventaja radica en que los errores de posicionamiento muy similares en ambos puntos son eliminados en su mayor parte, según el receptor se califica como estático donde se determina un único trio de coordenadas ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$)”.

c.2. Método RTK

Es un método muy usado en la topografía el cual se basa en el uso de medidas de fase de navegadores con señales GPS, en la vida cotidiana este método usa un receptor base y un cierto número de unidades móviles, cualquier sea el receptor, así mismo (Sedano Mateo & Pari Rendon, 2018), indica que “Cualquier sea el tipo de receptor y el método de análisis de datos es importante recordar que las coordenadas calculadas corresponden al centro eléctrico de la antena del receptor, razón por la cual es fundamental medir con precisión la distancia entre esta antena y la marca que materializa el punto trigonométrico”.

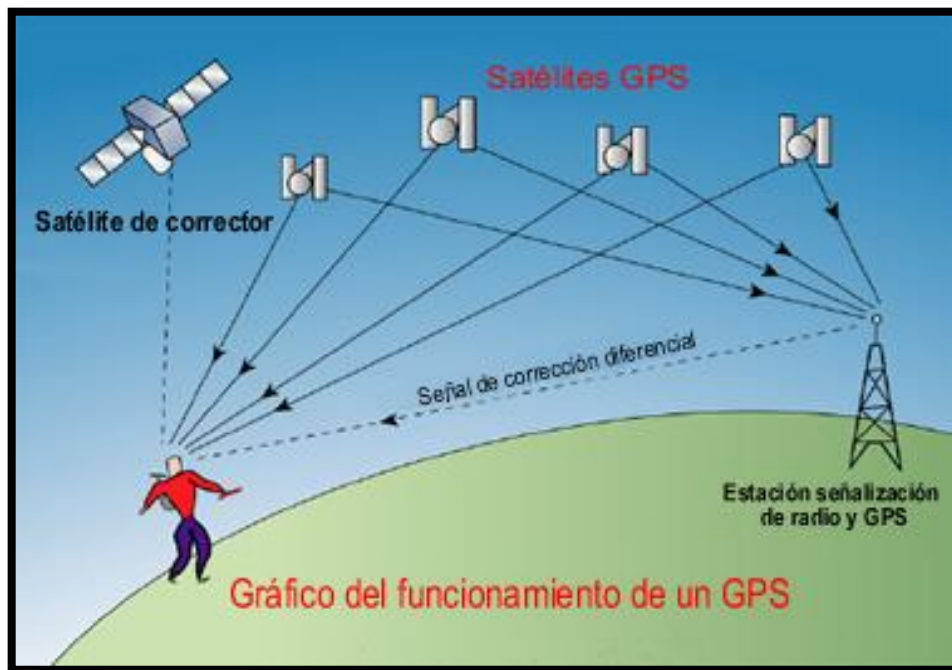


Figura 3. Señal de corrección diferencial

Fuente: <https://camp.ucss.edu.pe/blog/elgps/>

La desventaja es que, si se toma puntos de terreno ubicados en taludes con fuertes pendientes, es imposible que el operador llegue a esa zona debido a que pudiera darse una inestabilidad al momento de intentar pararse, la cual generaría errores.

2.2.2. Comparativo entre Drones y Estación Total

Según (Quispe Flores, 2017) menciona que realizó un comparativo usando la estación total y el Dron, presentando unos resultados de gran relevancia, entre ellos:

- El tiempo que tomo para realizar un levantamiento topográfico de un área de 5000 metros cuadrados fue de 2 horas, requiriendo 4 personas.
- No se define todos los micro detalles
- Se requiere de un mayor tiempo haciendo uso de una estación total

Así mismo en sus conclusiones menciona que el uso del dron (UAV) le ha permitido detallar hasta lo más mínimo con mucha precisión y calidad, sin tener que contratar mucho personal, además sin poner en riesgo a sus ayudantes. Por lo lado, pudo obtener millones de puntos, de fácil interpretación, para un mayor detalle.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON EL DRONE (UAV)					
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL	TIEMPO EN DIAS
Levantamiento topográfico	ha	600	25	S/. 15,000.00	2
Colocación de puntos geodésicos	unidad	3	700	S/. 2,100.00	1
TOTAL				S/.17,100.00	2 días

Figura 4. Levantamiento topográfico con dron.

Fuente: (Quispe Flores, 2017)

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACION TOTAL					
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL	TIEMPO EN DIAS
Levantamiento topográfico	ha	600	50	S/. 30,000.00	60
Colocación de puntos geodésicos	unidad	3	700	S/. 2,100.00	1
TOTAL				S/. 32,100.00	30 días

Figura 5. Levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: (Quispe Flores, 2017)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Los errores máximos permisibles están en función del método de levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial.

2.3.2. Hipótesis específicas

- a) El error máximo permisible altimétrico está en función a las condiciones climáticas empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial.
- b) El error máximo permisible planimétrico está en función a los puntos de control empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial.
- c) Los costos entre levantamiento topográfico varían en función de la mano de obra y tiempo de ejecución empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial.

2.4. Variables

2.4.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente (X):

Levantamiento topográfico

- Dron.
- Sistema de posicionamiento global diferencial.

Variable dependiente (Y):

Error máximo permisible

- Error altimétrico
- Error planimétrico
- Costo
- Tiempo

2.4.2. Definición operacional de la variable

Tabla 1. Operacionalización de las variables:

Tipo de variable	Nombre de la variable	Indicadores
Variable Independiente	Levantamiento Topográfico	<ul style="list-style-type: none">✓ Dron✓ Sistema de Posicionamiento Global Diferencial
Variable Dependiente	Error máximo permisible	<ul style="list-style-type: none">✓ Error altimétrico.✓ Error planimétrico✓ Costo✓ Tiempo

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

La investigación utilizó el método científico, puesto que se basó en procedimientos ordenados como son la observación, medición, experimentación, análisis de la hipótesis y finaliza en la elaboración de las conclusiones.

3.2. Tipo de investigación

La investigación fue del tipo aplicada, puesto que se utilizó el conocimiento establecido por la investigación básica para dar facilidades de solución a un problema real. En efecto, durante la investigación se utilizó conceptos sobre utilización de dron, GPS Diferencial y topografía, de autores nacionales como internacionales.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue explicativo, ya que se quiere determinar las cotas altimétricas y planimétricas con el levantamiento topográfico con dron y GPS Diferencial y determinar el grado de precisión y el costo.

3.4. Diseño de investigación

El presente diseño de investigación fue no experimental puesto que se generó situaciones para explicar el grado de precisión entre el levantamiento topográfico con Dron y con GPS Diferencial, además de comparar los costos con ambos métodos.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población está conformada por los terrenos de propiedad de la Universidad Peruana Los andes.

3.5.2. Muestra

La investigación pertenece al tipo NO PROBABILISTICO o intencional constituida por el campus universitario de chorrillos.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Levantamiento topográfico con Dron

a) Planificación de vuelo

Datos preliminares

Para realizar el reconocimiento de campo se realizó la visita de campo también se utilizó imágenes satelitales con el programa del Google Earth, se verifico que no haya obstáculos en la zona para el vuelo de dron, y procedemos a ubicar la zona para el despegue y aterrizaje del mismo. para realizar el levantamiento topográfico con dron se utilizó el Dron DJI Phantom 4 Pro con las siguientes características:

Aeronave

Peso (batería y hélices incluidas)	1388 g
Tamaño diagonal (hélices excluidas)	350 mm
Velocidad máxima de ascenso	Modo S: 6 m / s Modo P: 5 m / s
Velocidad máxima de descenso	Modo S: 4 m / s Modo P: 3 m / s
Velocidad máxima de descenso	Modo S: 4 m / s Modo P: 3 m / s
Maxima velocidad	Modo S: 72 kph (45 mph) Modo A: 58 kph (36 mph) Modo P: 50 kph (31 mph)
Angulo de inclinacion maximo	Modo S: 42 ° Modo A: 35 ° Modo P: 25 °
Velocidad angular maxima	Modo S: 250 ° / s Modo A: 150 ° / s
Techo de servicio maximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000 m)
Resistencia maxima a la velocidad del viento	10 m / s
Tiempo maximo de vuelo	Aprox. 30 minutos
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)
Rango de precision de desplazamiento	Vertical: ± 0,1 m (con posicionamiento visual) ± 0,5 m (con posicionamiento GPS) Horizontal: ± 0,3 m (con posicionamiento visual) ± 1,5 m (con posicionamiento GPS)

Figura 6. Características DJI Phantom 4Pro.

Fuente: www.dji.com/phantom-4-pro/info

b) Estudio de la zona de trabajo

El lugar donde se realizaron los levantamientos topográficos fue el campus universitario de la Universidad Peruana Los Andes que se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Huancayo, región Junín, para el levantamiento topográfico se tuvo un área de acción de 122 673 m². Para la toma de puntos de georreferenciación se determinaron 3 puntos de control con la ayuda del GPS Diferencial

Tabla 2. Tabla de puntos de control para dron:

Punto	Norte	Este	Cota	Descripción
1	8668728.3604	479244.5605	3371.737	Punto 1
2	8668525.2664	479224.3345	3367.000	Punto 2
3	8668704.8644	479193.6475	3369.525	Punto 3

Fuente: propia

c) Planificación de vuelo

El vuelo programado para realizar este tipo de trabajo se realizó con la aplicación Pix4D Capture.

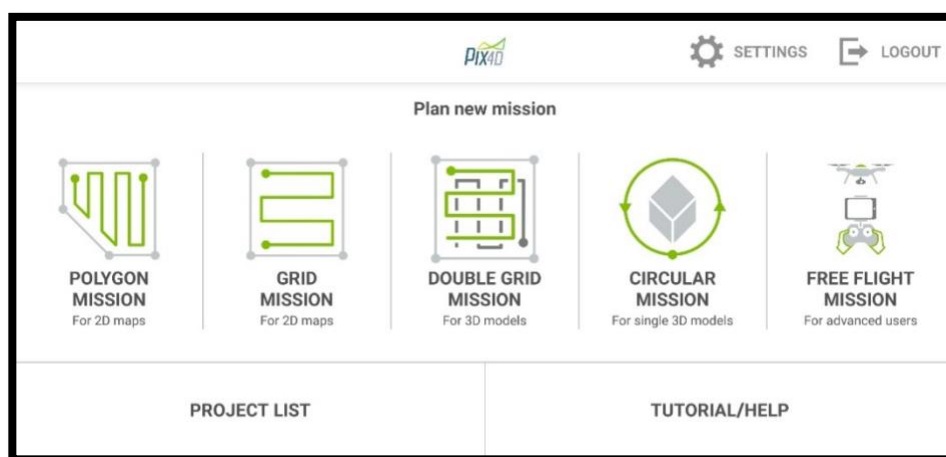


Figura 7. Aplicación Pix4D Capture.

Fuente: propia

La altitud media para realizar este levantamiento fotogramétrico fue de 61.1 m, la velocidad de vuelo fue 2.2 m/s, el traslape longitudinal y lateral de que se utilizó fue del 60%, el ángulo de la

cámara es completamente paralelo, es decir de 90 grados y la cantidad de satélites captados para el proceso fueron 15 satélites.

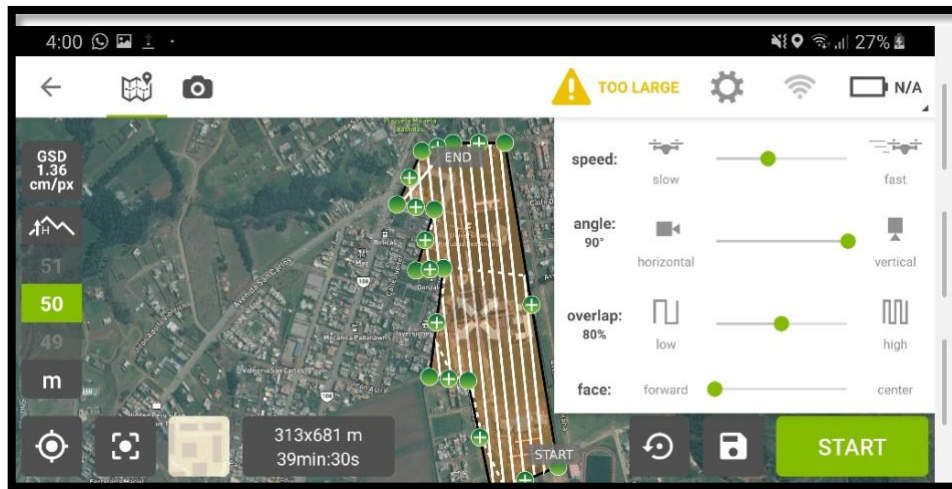


Figura 8. Características de vuelo.

Fuente: propia

Cuando finaliza el levantamiento fotogramétrico el dron vuelve al punto donde inicio gracias al GPS que viene ubicado en el dron.



Figura 9. Planificación de vuelo.

Fuente: propia

d) Procedimiento y proceso

Para el procesamiento de datos utilizamos en programa Agisoft PhotoScan Professional, con este programa podemos generar la nube de puntos, la malla, la ortofotografía, etc.

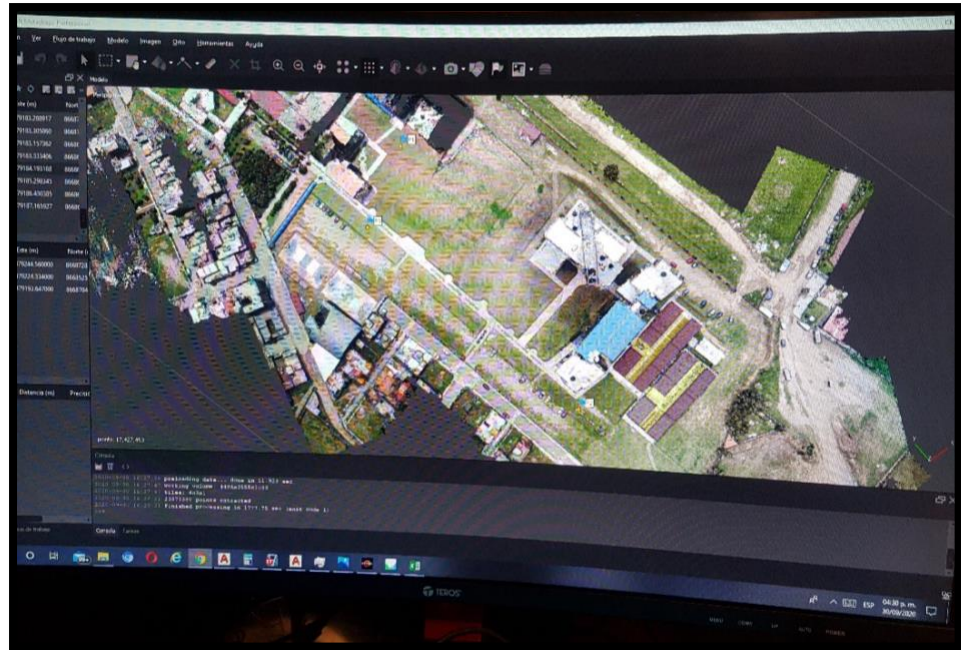


Figura 10. Procesamiento de datos en programa Agisoft PhotoScan.

Fuente: propia

Para la generación de nube de puntos se observa en dos dimensiones (ejes x,y) a partir de las fotografías tomadas por el dron.

Para este proceso tenemos que esperar a que la computadora genere los puntos, una vez generado se genera la malla de puntos que nos dará un aspecto casi real tridimensional, para la generación de la malla que es un proceso importante para obtener la ortofotografía.

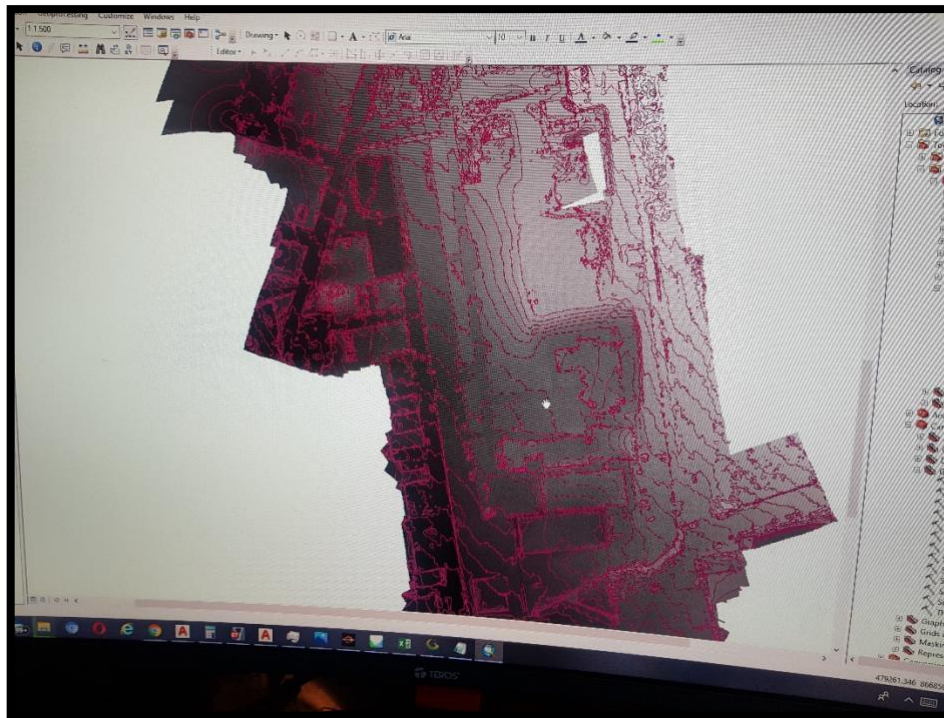


Figura 11. Obtención de curvas de nivel en el programa Agisoft PhotoScan.

Fuente: propia

Para la georeferenciación utilizamos los puntos tomados con el GPS Diferencial con estos datos importamos las coordenadas y los tomamos como puntos base de control, para este proceso de georeferenciación tomamos 3 puntos de control y los exportamos al programa del Agisoft PhotoScan Profesional, donde creamos marcadores y los enlazamos con cada foto que aparece el punto de control.

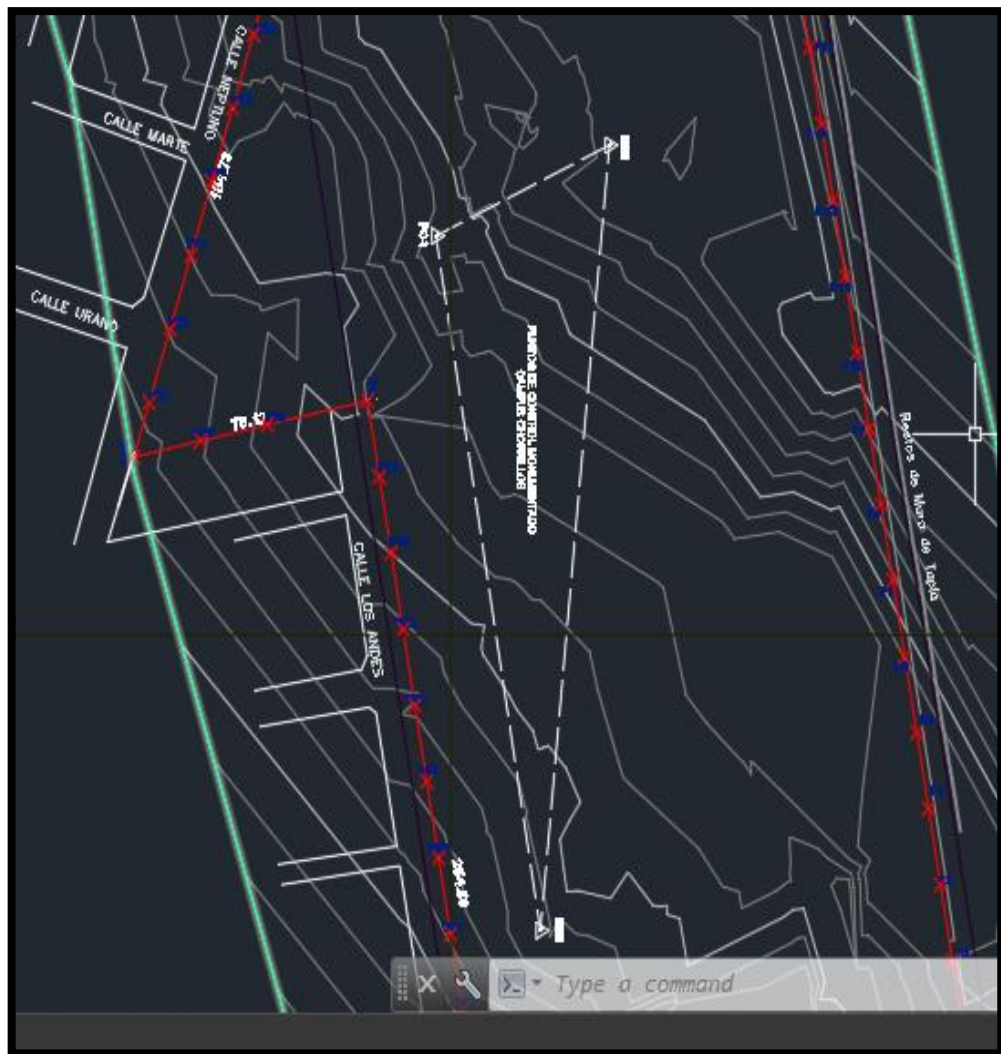


Figura 12. Puntos de control para el programa Agisoft PhotoScan.

Fuente: propia

Para exportar la nube de puntos del Agisoft PhotoScan Professional al AutoCAD Civil 3D, una vez generado los puntos denso, se procede a exportar los puntos guardando en un formato datum WGS 84/UTM Zone 18S luego insertamos la nube de puntos en el AutoCAD Civil 3D en la ventana de toolspace, y creamos point cloud.

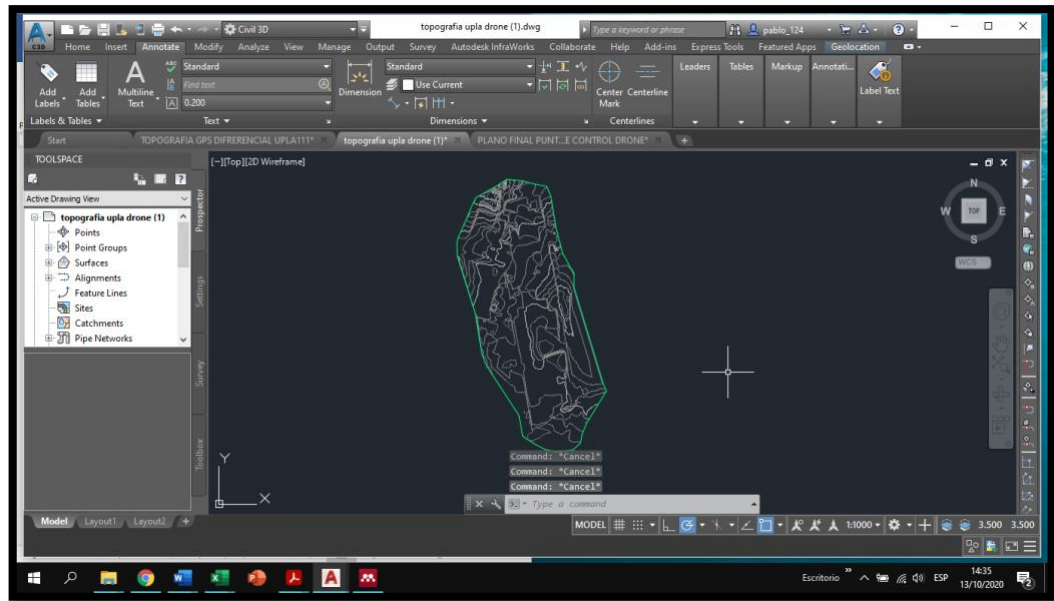


Figura 13. Exportación de curvas de nivel al programa AutoCAD 3D civil.

Fuente: propia

Para los datos de la georreferenciación se tomó 3 puntos de control los cuales son:

Tabla 3. Puntos de control para GPS Diferencial:

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
P1	479244.5605	8668728.3604	3371.737
P2	479224.3345	8668525.2664	3367.000
P3	479193.6475	8668704.8644	3369.525

3.6.2. Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial

a) Elaboración de MDT con GPS Diferencial.

Para la elaboración del modelo digital de terreno con GPS Diferencial utilizamos el equipo modelo Topcon Hiper V, este modelo es compatible con GNSS (Global Navigation Satellite System) sistema global de navegación por satélite, potenciada con RTK (real time kinematic) navegación cinética satelital en tiempo real.

El lugar donde realizamos el trabajo de investigación fue en el campus universitario de la Universidad Peruana Los Andes Distrito y Provincia de Huancayo Departamento Junín.

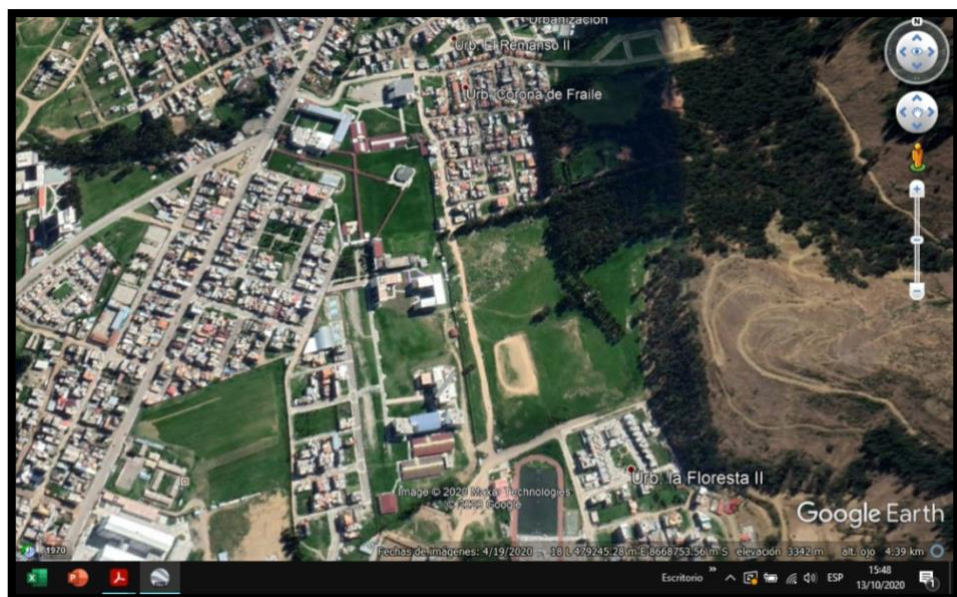


Figura 14. Sitio del área de estudio.

Fuente: Google Earth (2020)

b) Metodología de trabajo con GPS Diferencial

El trabajo de investigación se desarrolló en el campus universitario de la Universidad Peruana Los Andes, para el

desarrollo procedimos a realizar hitos monumentados de concreto para establecer los puntos de control.

Al comenzar el trabajo procedimos al reconocimiento de la zona de investigación, los puntos de control tienen que estar visibles para ello colocamos un hito de concreto para punto establecido o también conocido como azimut.



Figura 15. Hito de concreto como punto de control.

Fuente: propia

El sistema de coordenadas a emplearse fue el WGS 84 y todas las mediciones estarán atadas a los puntos base, el método que utilizamos para la medición fue estático diferencial por radiación, la planificación

permite recolectar la data GPS sin problemas de alto PDOP. Para la medición cada punto tomado tuvo que estar como mínimo 5 minutos para garantizar un control de calidad de la data recolectada, para realizar el levantamiento se verifico lo siguiente:

- Verificamos el equipo Topcon Hiper V
- Verificamos que estén completos los accesorios del equipo
- Verificamos las baterías que estén cargados y en buen estado
- Verificamos que los trípodes no tengan ningún defecto
- Y sobre todo verificamos que los equipos estén calibrados



Figura 16. Verificación y nivelación del GPS Diferencial.

Fuente: propia

Para la etapa de post proceso una vez que el receptor obtiene la información se lleva al gabinete para el proceso correspondiente, luego de procesar la información obtenemos coordenadas Datum WGS 84, los puntos de control se trabajaron bajo criterio de la nivelación trigonométrica para los cuales los puntos serán Inter visibles entre sí.



Figura 17. Levantamiento por el método de radiación con el receptor
Fuente: propia

Para el procesamiento del levantamiento de nube de puntos, obtenidos los puntos de control procedemos a monumentar la poligonal respectivo, posteriormente se procedió con el levantamiento para la

obtención de la nube de puntos utilizando el software AutoCAD Civil 3D, después de ello pasamos a elaborar el modelo digital del terreno.



Figura 18. Exportación de los puntos con GPS Diferencial al programa AutoCAD 3D civil.

Fuente: propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Levantamiento topográfico utilizando Dron y sistema de posicionamiento global diferencial (GPS Diferencial)

4.1.1. Del levantamiento topográfico utilizando dron

Se tomaron un total de 97 puntos en el total del área de estudio y de los cuales tomaremos 5 puntos para el estudio.

Tabla 4. Coordenadas levantamiento topográfico dron:

P	COORDENADAS		
	ESTE	NORTE	COTA
P1	479348.864	8668497.812	3370.500
P2	479345.369	8668517.504	3370.110
P3	479341.873	8668537.196	3370.445
P4	479338.377	8668556.888	3371.000
P5	479334.881	8668576.580	3371.491
P6	479331.386	8668596.272	3371.910
P7	479327.890	8668615.964	3372.345
P8	479324.394	8668635.656	3372.631
P9	479320.898	8668655.348	3372.972
P10	479317.403	8668675.041	3373.943
P11	479313.907	8668694.733	3373.973

P12	479310.411	8668714.425	3374.243
P13	479306.915	8668734.117	3374.500
P14	479303.419	8668753.809	3375.447
P15	479299.924	8668773.501	3376.001
P16	479296.428	8668793.193	3377.676
P17	479292.932	8668812.885	3375.965
P18	479289.436	8668832.578	3375.720
P19	479285.941	8668852.270	3375.445
P20	479282.445	8668871.962	3375.395
P21	479278.949	8668891.654	3375.597
P22	479275.453	8668911.346	3375.649
P23	479271.958	8668931.038	3375.998
P24	479268.462	8668950.730	3375.515
P25	479264.966	8668970.422	3374.926
P26	479261.470	8668990.115	3376.229
P27	479257.974	8669009.807	3375.260
P28	479254.479	8669029.499	3374.590
P29	479250.983	8669049.191	3375.000
P30	479247.487	8669068.883	3374.183
P31	479243.991	8669088.575	3374.496
P32	479240.646	8669107.419	3375.000
P33	479239.013	8669108.589	3374.867
P34	479219.328	8669105.055	3373.015
P35	479199.642	8669101.521	3373.072
P36	479179.957	8669097.986	3372.414
P37	479160.272	8669094.452	3371.299
P38	479141.425	8669091.068	3369.573
P39	479138.376	8669088.481	3369.626
P40	479130.167	8669062.145	3368.973
P41	479114.275	8669050.002	3367.993
P42	479094.449	8669052.634	3367.643
P43	479076.591	8669061.639	3366.660
P44	479057.502	8669063.652	3365.876
P45	479050.687	8669044.849	3365.641
P46	479043.872	8669026.046	3365.844
P47	479037.057	8669007.243	3366.139
P48	479030.242	8668988.440	3366.052
P49	479023.427	8668969.637	3366.161
P50	479017.380	8668952.952	3365.500
P51	479024.474	8668940.380	3367.563
P52	479043.540	8668934.340	3367.977
P53	479063.811	8668927.918	3367.930
P54	479069.623	8668947.185	3369.000
P55	479084.988	8668942.261	3368.959

P56	479078.885	8668923.086	3368.087
P57	479097.975	8668917.124	3368.677
P58	479117.066	8668911.163	3369.998
P59	479134.523	8668905.712	3370.010
P60	479128.504	8668886.639	3368.963
P61	479122.485	8668867.566	3368.869
P62	479116.599	8668848.911	3368.505
P63	479135.373	8668842.566	3370.000
P64	479129.410	8668823.476	3368.951
P65	479123.608	8668804.904	3368.505
P66	479152.059	8668795.613	3369.728
P67	479146.034	8668776.543	3368.577
P68	479140.009	8668757.472	3368.295
P69	479133.983	8668738.401	3367.971
P70	479127.958	8668719.330	3367.173
P71	479121.933	8668700.259	3366.926
P72	479115.907	8668681.188	3366.003
P73	479109.882	8668662.118	3365.521
P74	479105.256	8668647.475	3365.432
P75	479124.787	8668651.782	3368.815
P76	479144.317	8668656.089	3367.981
P77	479173.774	8668662.585	3368.998
P78	479177.263	8668642.891	3367.927
P79	479180.752	8668623.198	3367.482
P80	479184.242	8668603.505	3366.965
P81	479187.731	8668583.812	3366.469
P82	479191.220	8668564.118	3366.012
P83	479194.709	8668544.425	3365.802
P84	479198.199	8668524.732	3365.322
P85	479201.688	8668505.038	3364.817
P86	479205.177	8668485.345	3364.460
P87	479208.666	8668465.652	3363.780
P88	479212.156	8668445.959	3363.811
P89	479215.645	8668426.265	3363.491
P90	479218.178	8668411.964	3363.438
P91	479234.894	8668422.945	3364.237
P92	479251.610	8668433.925	3364.515
P93	479268.326	8668444.906	3366.220
P94	479285.042	8668455.887	3367.000
P95	479301.758	8668466.867	3367.563
P96	479318.474	8668477.848	3368.822
P97	479335.190	8668488.829	3368.803

Tabla 1. Coordenadas dron para estudio:

P	COORDENADAS		
	ESTE	NORTE	COTA
P51	479024.474	8668940.380	3367.563
P53	479063.811	8668927.918	3367.930
P56	479078.885	8668923.086	3368.087
P59	479134.523	8668905.712	3370.010
P62	479116.599	8668848.911	3368.505

4.1.2. Del levantamiento topográfico utilizando GPS Diferencial

Del mismo modo de los puntos tomados con Dron, la cantidad de puntos tomados con el GPS Diferencial fueron 97 puntos y de los cuales tomaremos 5 puntos para el estudio.

Tabla 6. Coordenadas levantamiento topográfico GPS Diferencial:

P	COORDENADAS		
	ESTE	NORTE	COTA
P1	479348.733	8668497.696	3368.986
P2	479345.236	8668517.388	3369.418
P3	479341.739	8668537.079	3369.294
P4	479338.242	8668556.771	3369.225
P5	479334.757	8668576.395	3369.156
P6	479331.260	8668596.087	3369.535
P7	479327.763	8668615.779	3370.388
P8	479324.266	8668635.470	3371.242
P9	479320.769	8668655.162	3372.095
P10	479317.272	8668674.854	3372.745
P11	479313.775	8668694.546	3372.942
P12	479310.278	8668714.238	3373.131
P13	479306.781	8668733.930	3373.319
P14	479303.284	8668753.622	3373.507
P15	479299.787	8668773.314	3373.696
P16	479296.290	8668793.006	3374.505
P17	479292.793	8668812.698	3375.515
P18	479289.296	8668832.390	3375.897
P19	479285.799	8668852.081	3375.657
P20	479282.302	8668871.773	3375.416
P21	479278.805	8668891.465	3375.411
P22	479275.308	8668911.157	3375.14
P23	479271.811	8668930.849	3375.019
P24	479268.314	8668950.541	3375.113
P25	479264.817	8668970.233	3375.337
P26	479261.320	8668989.925	3375.221

P27	479257.823	8669009.617	3375.263
P28	479254.326	8669029.309	3374.997
P29	479250.829	8669049.000	3374.407
P30	479247.332	8669068.692	3374.37
P31	479243.835	8669088.384	3374.401
P32	479240.439	8669107.509	3374.945
P33	479238.751	8669108.634	3374.899
P34	479219.065	8669105.102	3374.048
P35	479199.380	8669101.570	3373.23
P36	479179.694	8669098.039	3372.335
P37	479160.008	8669094.507	3371.214
P38	479140.877	8669091.075	3370.061
P39	479137.903	8669088.528	3369.818
P40	479129.816	8669062.321	3368.793
P41	479114.184	8669049.968	3368.193
P42	479094.384	8669052.667	3368.031
P43	479076.539	8669061.697	3367.803
P44	479057.397	8669063.709	3367.415
P45	479050.597	8669044.901	3367.475
P46	479043.796	8669026.092	3367.824
P47	479036.996	8669007.284	3368.251
P48	479030.196	8668988.475	3368.062
P49	479023.395	8668969.667	3368.06
P50	479017.323	8668952.871	3367.99
P51	479024.435	8668940.426	3367.843
P52	479043.073	8668934.390	3368.141
P53	479063.722	8668927.980	3368.459
P54	479069.358	8668947.047	3369.012
P55	479084.588	8668942.234	3369.325
P56	479078.873	8668923.152	3368.761
P57	479097.641	8668917.116	3369.454
P58	479116.708	8668911.081	3369.984
P59	479134.539	8668905.763	3370.418
P60	479128.110	8668886.493	3369.698
P61	479122.082	8668867.424	3369.14
P62	479116.545	8668848.852	3368.735
P63	479135.782	8668842.688	3369.747
P64	479129.790	8668823.606	3369.321
P65	479123.955	8668805.105	3368.907
P66	479152.294	8668795.052	3369.368
P67	479146.181	8668776.016	3369.056
P68	479140.067	8668756.974	3368.851
P69	479133.952	8668737.932	3368.217
P70	479127.838	8668718.889	3367.602

P71	479121.723	8668699.847	3367.009
P72	479115.609	8668680.804	3366.521
P73	479109.495	8668661.762	3366.109
P74	479104.989	8668647.732	3365.805
P75	479124.554	8668651.885	3366.431
P76	479144.118	8668656.037	3367.147
P77	479173.560	8668662.306	3368.037
P78	479177.054	8668642.595	3367.796
P79	479180.526	8668622.899	3367.503
P80	479183.999	8668603.203	3366.922
P81	479187.472	8668583.507	3366.585
P82	479190.945	8668563.811	3366.177
P83	479194.418	8668544.114	3365.823
P84	479197.891	8668524.418	3365.578
P85	479201.364	8668504.722	3365.083
P86	479204.836	8668485.026	3364.024
P87	479208.309	8668465.330	3363.848
P88	479211.782	8668445.634	3363.49
P89	479215.255	8668425.937	3362.912
P90	479217.787	8668411.575	3363.237
P91	479234.497	8668422.565	3363.781
P92	479251.207	8668433.555	3364.314
P93	479267.917	8668444.545	3365.157
P94	479284.627	8668455.534	3365.729
P95	479301.337	8668466.524	3367.187
P96	479318.047	8668477.514	3368.148
P97	479334.757	8668488.504	3368.63

Tabla 7. Coordenadas GPS Diferencial para estudio:

P	COORDENADAS		
	ESTE	NORTE	COTA
P51	479024.435	8668940.426	3367.843
P53	479063.722	8668927.980	3368.459
P56	479078.873	8668923.152	3368.761
P59	479134.539	8668905.763	3370.418
P62	479116.545	8668848.852	3368.735

4.1.3. PUNTOS DE CONTROL

Para el estudio realizado tomamos 3 puntos de control que fueron monumentados.

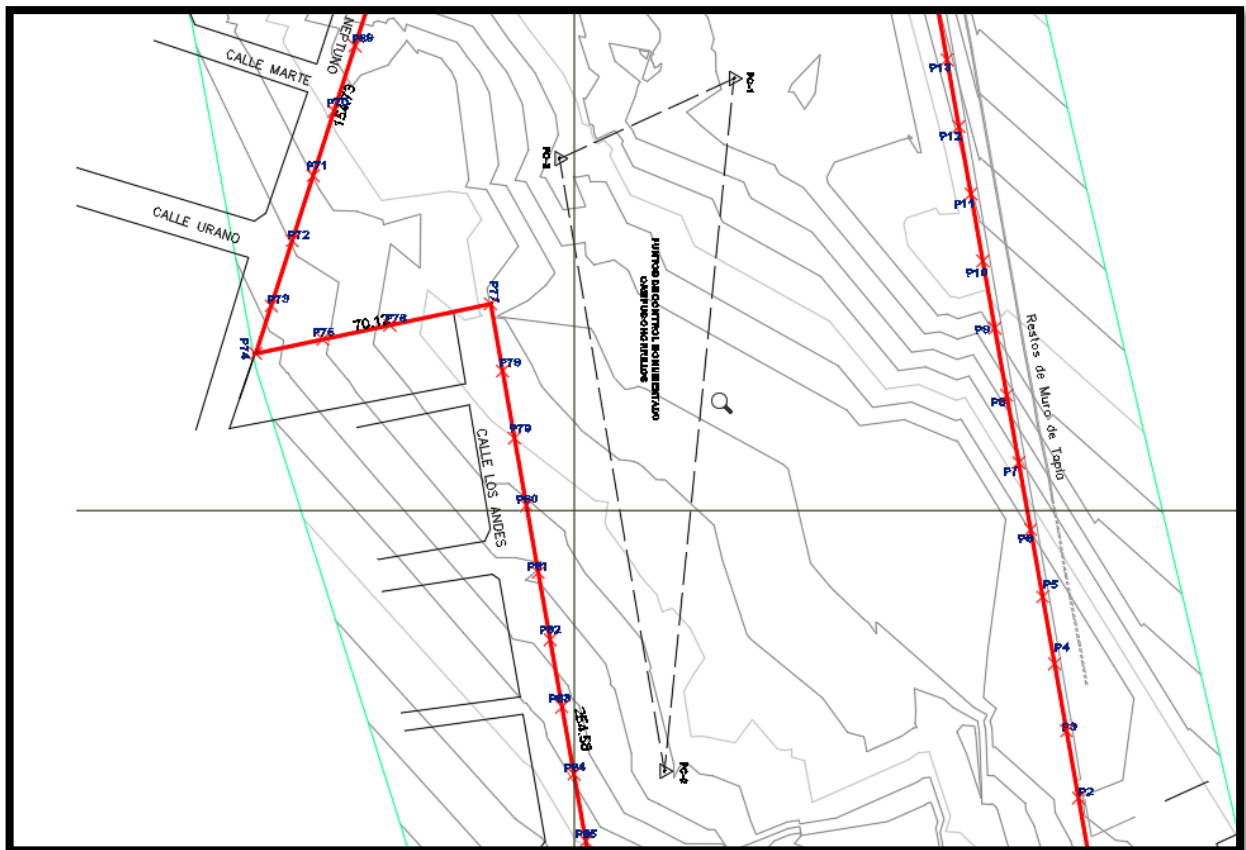


Figura 19. Puntos de control en el campus universitario.

Fuente: propia

Tabla 8. Puntos de control campus universitario:

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
P1	479244.5605	8668728.3604	3371.737
P2	479224.3345	8668525.2664	3367.000
P3	479193.6475	8668704.8644	3369.525

4.2.ERRORES Diferencia del levantamiento topográficos en altimetría;

Dron y GPS Diferencial

Se realizó el procesamiento de datos de las diferencias entre los datos de coordenadas UTM, en la COTA, se vio que el rango que oscilan los valores para la cota es de 0.00m a 0.674m, tal como se aprecia en el cuadro.

Tabla 9. Diferencial del levantamiento topográfico en altimetría:

GPS Diferencial		Dron		DIFERENCIA
P	COTA	P	COTA	COTA
P51	3367.843	P51	3367.563	0.280
P53	3368.459	P53	3367.930	0.529
P56	3368.761	P56	3368.087	0.674
P59	3370.418	P59	3370.010	0.408
P62	3368.735	P62	3368.505	0.230

4.2.1. Media aritmética y desviación estándar

Según el cálculo realizado encontramos que la media aritmética para la cota fue de 0.42 como se observa en el cuadro, aplicando la fórmula se encontró que para la desviación de la cota es 0.86 tal como se observa en el cuadro.

Tabla 10. Cuadro de media aritmética y desviación estándar altimetría:

DATOS		ANALISIS			
P	DIFERENCIA COTA	PROMEDIO COTA	DIFERENCIA COTA - PROMEDIO COTA	CUADRADO DE LA DIFERENCIA COTA	DESVIACION ESTANDAR COTA
P51	0.280	0.42	0.700	0.490	0.86
P53	0.529	0.42	0.949	0.901	
P56	0.674	0.42	1.094	1.196	
P59	0.408	0.42	0.828	0.685	
P62	0.230	0.42	0.650	0.423	
		$\Sigma =$		3.695	

4.2.2. Prueba estadística “t”

La prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas nos da como resultado que no existe diferencia estadística entre dos muestras, con un nivel de confianza de 95% lo que nos dice que es un resultado fiable para trabajar con levantamiento topográfico con

dron en proyectos de ingeniería u otros, como se puede observar en el siguiente cuadro.

Tabla 11. Prueba “t” para medidas de dos muestras emparejadas altimetría:

DESCRIPCION	Variable 1	Variable 2
Media	3368.8432	3369.5674
Varianza	0.9116172	0.4916758
Observaciones	5	5
Coeficiente de correlación de Pearson	0.642543709	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-2.20	
P(T<=t) una cola	0.05	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.09	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

4.3 Diferencia del levantamiento topográfico en planimetría; Dron y GPS

Diferencial

Se realizó el procesamiento de datos de las diferencias entre los datos de coordenadas UTM, en el “ESTE” como en el “NORTE”, se vieron resultados que oscilan para el ESTE de 0.00m a 0.089m y en el NORTE resultados que van desde 0.00m a 0.066m como se ve en el cuadro

Tabla 12. Diferencia entre levantamientos topográficos en planimetría:

GPS DIFERENCIAL			DRON			DIFERENCIA	
P	COORDENADAS		P	COORDENADAS		COORDENADAS	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
P51	479024.435	8668940.426	P51	479024.474	8668940.380	0.039	0.046
P53	479063.722	8668927.980	P53	479063.811	8668927.918	0.089	0.062
P56	479078.873	8668923.152	P56	479078.885	8668923.086	0.012	0.066
P59	479134.539	8668905.763	P59	479134.523	8668905.712	0.016	0.051
P62	479116.545	8668848.852	P62	479116.599	8668848.911	0.054	0.059

4.3.1 Media aritmética y desviación estándar

Según los cálculos realizados encontramos como la media aritmética para las coordenadas “ESTE” 0.86m y para las coordenadas “NORTE” 0.55m.

Utilizando las fórmulas de desviación estándar se encontraron los siguientes resultados: para las coordenadas “ESTE” se obtuvo 0.03m y para las coordenadas “NORTE” es de 0.007m como se aprecia en los cuadros.

Tabla 13. Cuadro de media aritmética y desviación estándar planimetría “ESTE”:

DATOS		ANALISIS			
P	DIFERENCIA ESTE	PROMEDIO ESTE	DIFERENCIA ESTE - PROMEDIO ESTE	CUADRADO DE LA DIFERENCIA ESTE	DESVIACION ESTANDAR ESTE
P51	0.039	0.04	0.001	0.000	0.03
P53	0.089	0.04	-0.049	0.002	
P56	0.012	0.04	0.028	0.001	
P59	0.016	0.04	0.024	0.001	
P62	0.054	0.04	-0.014	0.000	
		$\Sigma=$		0.004	

Tabla 14. Cuadro de media aritmética y desviación estándar planimetría “NORTE”:

DATOS		ANALISIS			
P	DIFERENCIA NORTE	PROMEDIO NORTE	DIFERENCIA NORTE - PROMEDIO NORTE	CUADRADO DE LA DIFERENCIA NORTE	DESVIACION ESTANDAR NORTE
P51	0.046	0.06	0.014	0.000196	0.007
P53	0.062	0.06	-0.002	0.000004	
P56	0.066	0.06	-0.006	0.000036	
P59	0.051	0.06	0.009	0.000081	
P62	0.059	0.06	0.001	0.000001	
		$\Sigma=$		0.000318	

4.3.2 Comparación de los levantamientos topográficos con georreferenciación de los dos métodos usados.

Realizamos la comparación de los dos levantamientos topográficos utilizados uno con el GPS Diferencial y con Dron de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

Para este método tomamos 3 lados del cerco perimétrico del campus universitario de la Universidad Peruana Los Andes que contamos con las siguientes características:

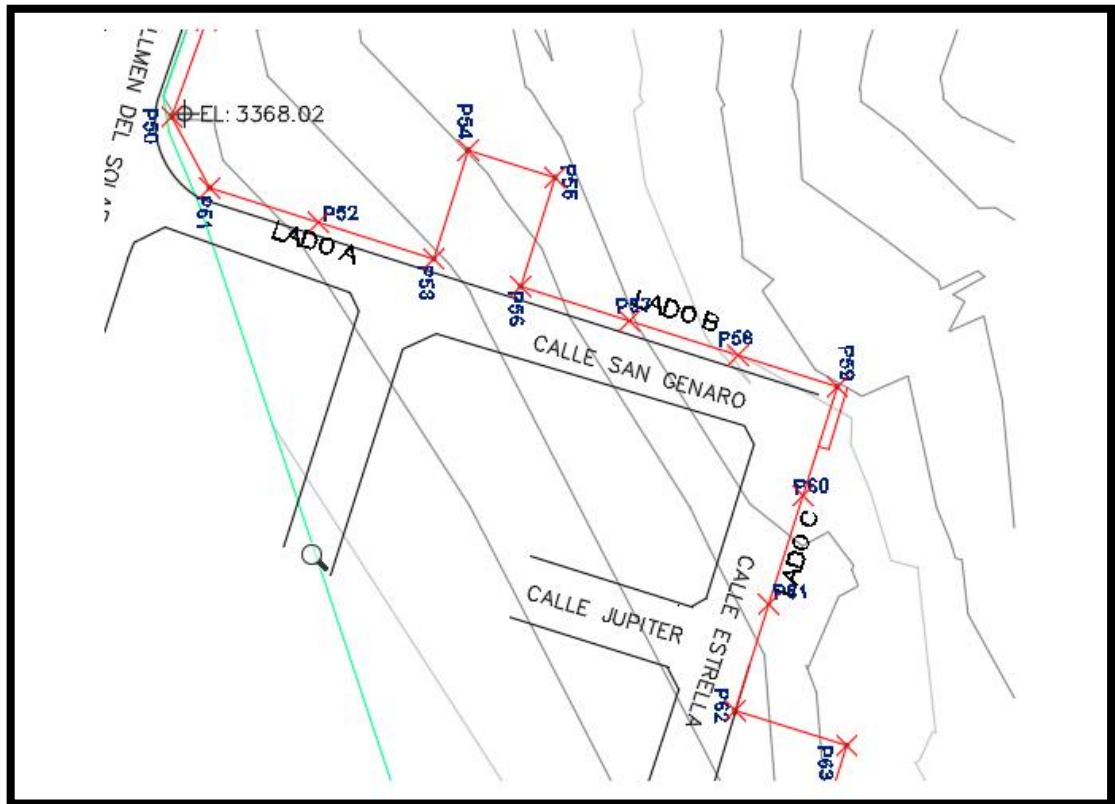


Figura 20. Comparación de los levantamientos topográficos en los lados especificados.

Fuente: propia

Tabla 15. Puntos tomados para verificar medidas:

	PUNTOS
LADO "A"	P51 - P53
LADO "B"	P56 - P59
LADO "C"	P59 - P62

Para realizar las comparaciones entre los dos métodos, tenemos en cuenta que el levantamiento para el levantamiento con Dron utilizamos puntos de control establecidos por el GPS Diferencial:

Tabla 16. Medidas obtenidas con puntos de control:

	LADO "A"	LADO "B"	LADO "C"
GPS Diferencial	41.253	58.306	59.582
Dron	41.258	58.299	59.588

Obtenemos los resultados y nos damos cuenta que el error máximo permisible es de 0.007m, en una distancia de 100.00m tendríamos un error máximo de 0.01m.

Tabla 17. Diferencia de medidas obtenidos con puntos de control:

	LADO "A"	LADO "B"	LADO "C"
GPS Diferencial	41.253	58.306	59.582
Dron	0.005	0.007	0.006

También para comparar los dos métodos, para este cuadro de comparación utilizamos solo el levantamiento con dron para verificar cuanto de error máximo podemos obtener y lo vemos en el siguiente cuadro:

Tabla 18. Medidas obtenidas sin puntos de control:

	LADO "A"	LADO "B"	LADO "C"
GPS Diferencial	41.253	58.306	59.582
Dron	38.879	57.235	57.928

Obtenemos los resultados y nos damos cuenta que el error máximo para la comparación de levantamientos topográficos es de 2.374m y en una distancia de 100.00m tendríamos un error de 5.755m.

Tabla 19. Diferencia de medidas obtenidas sin puntos de control:

	LADO "A"	LADO "B"	LADO "C"
GPS Diferencial	41.253	58.306	59.582
Dron	2.374	1.071	1.654

4.3.3. Prueba estadística “t”

La prueba “t” para medidas de dos muestras emparejadas nos da como resultado que no existe diferencias estadísticas entre dos muestras en las coordenadas “ESTE” y “NORTE”, con un nivel de confianza de 95% lo que nos dice que es un resultado confiable para trabajar con levantamiento topográfico con dron en proyectos de ingeniería, como se puede observar en los siguientes cuadros:

Tabla 20. Prueba “t” para medidas de dos muestras emparejadas planimetría “ESTE”:

DESCRIPCION	Variable 1	Variable 2
Media	479083.2468	479083.594
Varianza	1901.008208	1867.72057
Observaciones	5	5
Coeficiente de correlación de Pearson	0.999755942	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-0.75	
P(T<=t) una cola	0.25	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.49	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

Tabla 21. Prueba “t” para medidas de dos muestras emparejadas planimetría “NORTE”:

DESCRIPCION	Variable 1	Variable 2
Media	8668909.185	8668909.31
Varianza	1295.888692	1283.36381
Observaciones	5	5
Coeficiente de correlación de Pearson	0.999851675	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-0.45	
P(T<=t) una cola	0.34	
Valor crítico de t (una cola)	2.13	
P(T<=t) dos colas	0.68	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

4.4 Diferencia del levantamiento topográfico en costos; Dron y GPS Diferencial

Se realizaron los levantamientos topográficos entre Dron y GPS Diferencial y observamos la diferencia de costos en los siguientes cuadros:

Presupuesto	0301010	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES					
Subpresupuesto	002	TOPOGRAFIA			Fecha presupuesto	15/03/2020	
Partida	01.02	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON DRON PHANTON					
Rendimiento	HA/DIA	MO. 103.6800	EQ. 103.6800	Costo unitario directo por : HA		388.56	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0147010007	OPERARIO DE DORN		dia	1.0000	0.0096	200.00	1.92
						1.92	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.92	0.06
0337540014	DRON PHANTON		HA	1.0000	0.0772	150.00	11.58
0337540015	GPS DIFERENCIAL INC.RECEPTOR		pto		3.0000	15.00	45.00
						56.64	
	Subpartidas						
0212000048	TRABAJOS EN GABINETE		GLB		1.0000	330.00	330.00

Figura 21. Análisis de costos unitarios del levantamiento topográfico con dron.
Fuente: propia

Para el levantamiento topográfico con Dron, ya está relacionado los equipos y la mano de obra correspondiente y el costo por hectárea seria de 388.56 soles, ya que nuestro levantamiento topográfico fue de 12.2 hectáreas haría un total de 4 740.43 soles.

Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	0301010	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES					
Subpresupuesto	002	TOPOGRAFIA				Fecha presupuesto	15/03/2020
Partida	01.01	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON GPS DIFERENCIAL TOPCON					
Rendimiento	HA/DIA	MO.	24.8200	EQ.	24.8200	Costo unitario directo por : HA	493.38
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0147000032	TOPOGRAFO	hh		1.0000	0.3223	150.00	48.35
0147010006	AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	hh		1.0000	0.3223	80.00	25.78
						74.13	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			3.0000	74.13	2.22
0337540013	GPS DIFERENCIAL INC.RECEPTOR	dia		8.6400	0.3481	250.00	87.03
						89.25	
	Subpartidas						
900401130035	TRABAJO EN GABINETE	GLB			1.0000	330.00	330.00

Figura 22. Análisis de costos unitarios del levantamiento topográfico con GPS Diferencial.

Fuente: propia

Para el levantamiento topográfico con GPS Diferencial, ya está relacionado los equipos y mano de obra correspondientes, el costo por hectárea será de 493.38 soles, ya que nuestro levantamiento topográfico fue de 12.2 hectáreas haría un total de 6 019.24 soles.

Obteniendo los costos de los dos tipos de levantamiento topográfico nos damos cuenta que hay una gran diferencia de costos y esto aumentaría significativamente si fuera mayor las áreas a medir.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Error máximo permisible Altimétrico

A partir de los resultados obtenidos por (Sanchez vargas, 2017) en su tesis titulada “Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza San Luis – 2017” menciona que considera como valor real los datos obtenidos por la estación total y al compararlos con los datos del levantamiento con Dron se encuentra en el rango establecido y que la diferencia de los valores promedios son como máximo de -4mm y de 3mm por lo que considera una buena exactitud, además menciona que el grado de exactitud y precisión del levantamiento con Dron es confiable.

Estos resultados nos muestran que los resultados obtenidos por ambos métodos en esta investigación en el error máximo permisible altimétrico no es tan preciso y confiable ya que tenemos un error de 0.674m y para los trabajos de precisión de demasiado.

Para los resultados obtenidos por (Jimenez cajas & Prado garrido, 2017) en su tesis titulada “Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado” nos dice que el método tradicional de levantamiento

topográfico es eficaz y certero pero no es una forma de levantamiento bien exhausta, menciona que al realizar este tipo de levantamiento es bastante laboriosa y no obtiene un levantamiento a detalle.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, al realizar levantamiento topográfico con GPS Diferencial llegamos a tener mayor precisión y el manual del fabricante nos indica que hay que estar por lo mínimo 10 minutos en cada punto para llegar a obtener la mayor cantidad de satélites y así obtener la mayor precisión, esto conlleva a tener una exhausta labor y perdemos un levantamiento a detalle.

5.2. Error máximo permisible Planimétrico

Según los resultados obtenidos por (Cabada Quiliche, 2019) en su tesis titulada “Evaluación de precisión y costo en un levantamiento topográfico con estación total y aeronave pilotada remotamente (RPA-DRON) en el centro poblado Cashapampa – Cajamarca 2018” determina que los levantamientos topográficos son diferentes ya que con el levantamiento con estación total no cuenta con la ortofoto y esto hace que se dificulte con los detalles, además no dice que el levantamiento topográfico con Dron es más preciso puesto que tiene puntos de control y esto hace que tenga una mayor exactitud.

Para los resultados obtenidos en esta investigación determinamos que el levantamiento topográfico con dron obtenemos más detalles que con el levantamiento con GPS Diferencial esto hace que el tiempo del levantamiento sea mucho más rápido, en el tema de exactitud podemos observar que no hay mucha diferencia que la diferencia máxima en planimetría es de 0.007m esto ya que tenemos los puntos de control, esto hace confiable el levantamiento con dron; ya que si no contamos con los puntos de control tenemos una diferencia de 2.374m lo cual hace que ya no sea confiable el levantamiento topográfico con dron.

Para los resultados obtenidos por (Ayala, 2018) en su tesis titulada “Evaluación de levantamientos topográficos con drone (DJI Phantom pro) y estación total, Quebrada Señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho,

Perú” llega a la conclusión que el levantamiento topográfico con estación total y el levantamiento topográfico con dron son similares con un 95% de confianza estadística, lo que nos da que el levantamiento topográfico es aceptada para realizar los trabajos de topografía, menciona que es más conveniente realizar el levantamiento con Dron porque se realiza en menor tiempo y los procesos de obtención de datos son los mismo para ambos.

Para nuestros resultados obtenidos en esta investigación podemos coincidir en los resultados ya que llegamos a un error de 0.007m y un 95% de confiabilidad estadística además el tiempo de realizar el levantamiento topográfico con dron fue mucho más rápido que el método con GPS Diferencial.

5.3. Diferencia de costos

Según (Pedraza Santos, 2019) en su tesis titulada “Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos -2019” llega a la conclusión que el levantamiento topográfico tradicional es menos costoso que el levantamiento con RPAS ya que este tiene puntos de control que fueron dados con RTK para su georreferenciación y este incremento el costo significativamente.

Para nuestro tema de investigación no coincidimos en los resultados ya que el levantamiento con dron emplea menos me personal, abarca mayor área de estudio y el tiempo de levantamiento topográfico es menor.

Según (Sedano Mateo & Pari Rendon, 2018) en su tesis titulada “Ventajas en los levantamientos topográficos con el usos de vehículos aéreos no tripulados (UAV)” nos dice los costos de equipos modernos hace suponer que el trabajo a realizar será mucho más costos pero nos da una reducción de tiempo y costo, resulta ser 60% más barato que una topografía tradicional, concluye que la topografía con dron reemplazara a la topografía tradicional ya que genera los mismos resultados y obteniendo menor costo mayor calidad y menor tiempo de ejecución.

En le presente trabajo de investigación llegamos a la misma conclusión teniendo un menor tiempo de ejecución el costo nos resulta ser 21.25% más económico y sobre todo que genera errores permisibles entre ambos.

CONCLUSIONES

1. De los levantamientos topográficos analizados en este trabajo de investigación se establece que el efectuado con el sistema de posicionamiento global diferencial es más exacto teniendo un error máximo de 0.674m en altimetría y en planimetría un error máximo 0.007m a comparación del dron; en el tema de costos el levantamiento topográfico con dron es el 21.25% más económico ya que abarcamos mayor área en menor tiempo.
2. Para el tema de altimetría y ambos equipos trabajados con georreferenciación y considerando como valor real a los datos obtenidos por el GPS Diferencial, varían de acuerdo a las condiciones climáticas obteniendo una diferencia máxima entre ellos de 0.674 metros lo que nos muestra que no es un resultado confiable.
3. En planimetría y ambos equipos trabajados con georreferenciación observamos que para realizar poligonales cerradas, teniendo puntos de control obtenemos una diferencia máxima de 0.007metros, entonces tenemos un error relativo de 1/5900.
4. Para la diferencia de costos se concluyó que el levantamiento topográfico con Dron es más económico ya que contamos con menos mano de obra y un menor tiempo de ejecución a comparación del sistema de posicionamiento global diferencial esto nos da más rentabilidad en un 21.25%, lo que nos demuestra que nuestra hipótesis resulto ser verdadera.

RECOMENDACIONES

1. Teniendo en consideración el crecimiento de nuestro país se recomienda utilizar el método del levantamiento topográfico con Dron el Obras viales ya que estos generaran la obtención de datos fiables y un breve tiempo de ejecución, además esto generara protección a la mano de obra que ya no estará en riesgo de acercarse a las pronunciadas pendientes de nuestra región.
2. Se recomienda el uso de un buen Dron que cuente con RTK, además que tenga una cámara profesional y tener en consideración el clima ya que si esta en un día lluvioso malogrará al dron también la iluminación del sol de este dependerá tener buenas imágenes, tener en cuenta la temperatura ya que este puede perjudicar los equipos malogrando los motores y el viento ya que este desestabiliza la cámara y esto nos da una imagen borrosa.
3. Se recomienda trabajar con los dos equipos a la vez en el mismo trabajo ya que el GPS Diferencial nos dará los puntos de control esto nos dará precisión y exactitud y el Dron nos dará una ortofotografía del lugar del trabajo con esto aseguramos tener toda la zona de trabajo en una sola imagen y no perder los detalles que se pudiesen ver.
4. Se recomienda para el post proceso tener una computadora que tenga buenas características de software para el procesamiento de datos ya que los trabajos a realizar son muy pesados y requieren bastantes recursos del procesador, la memoria RAM y la tarjeta de video, esto a su vez ayudara a mejorar el tiempo de post proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ayala, M. R. (2018). *Evaluación De levantamientos Topográficos Con Drone (Dji Phantom 4 Pro) Y Estacion Total , quebrada señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho Perú 2018*. 97.
2. Cabada Quiliche, J. J. (2019). EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y COSTO EN UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL Y AERONAVE PILOTADA REMOTAMENTE (RPA-DRON) EN EL CENTRO POBLADO CASHAPAMPA – CAJAMARCA 2018. *Ucv*, 108.
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32303>
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32303>
3. CLAROS, R., GUEVARA, A., & PACAS, N. (2016). *APLICACIÓN DE FOTOGRAMETRÍA AÉREA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS MEDIANTE EL USO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS*.
4. Google Earth. (2019). *Google Earth Pro*.
5. Jimenez cajas, W., & Prado garrido, jose david. (2017). *Análisis Técnico Comparativo Entre Los Métodos Topográficos Tradicionales Y El Método De Aerofotogrametría Con Vehículo Aéreo No Tripulado Proyecto*.
6. LAVADO, R. R. P. (2019). *MODELO ANALÍTICO DE LOS PARÁMETROS PARA LA FOTOGRAMETRÍA CON DRONES EN OBRAS VIALES*.
7. McCORMAC. (2007). *TOPOGRAFÍA*.
8. Pedraza Santos, A. (2019). *Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019* (Vol. 53, Issue 9).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

9. Quispe Flores, T. (2017). *Levantamiento Topográfico con estación total y un Drone (UAV) eBee de sensefly, para la demarcación del centro experimental Wayllapampa, Pacaycasa, Ayacucho, 2017.* 147. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2663>
10. Sanchez vargas, I. (2017). DETERMINAR EL GRADO DE CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON EN LA PLAZA SAN LUIS-2017. *Universidad Cesar Vallejo.* <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>
11. Sedano Mateo, D. F., & Pari Rendon, R. W. (2018). *Ventajas en los levantamientos topográficos con el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV).* 49. <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21067>
12. Tacca Qquelca, H. (2015). Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. In *Universidad Nacional del Altiplano* (Vol. 1, p. 124).
13. Villareal Moncayo, J. V. (2015). *Análisis de la precisión de levantamiento topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control.*

ANEXOS

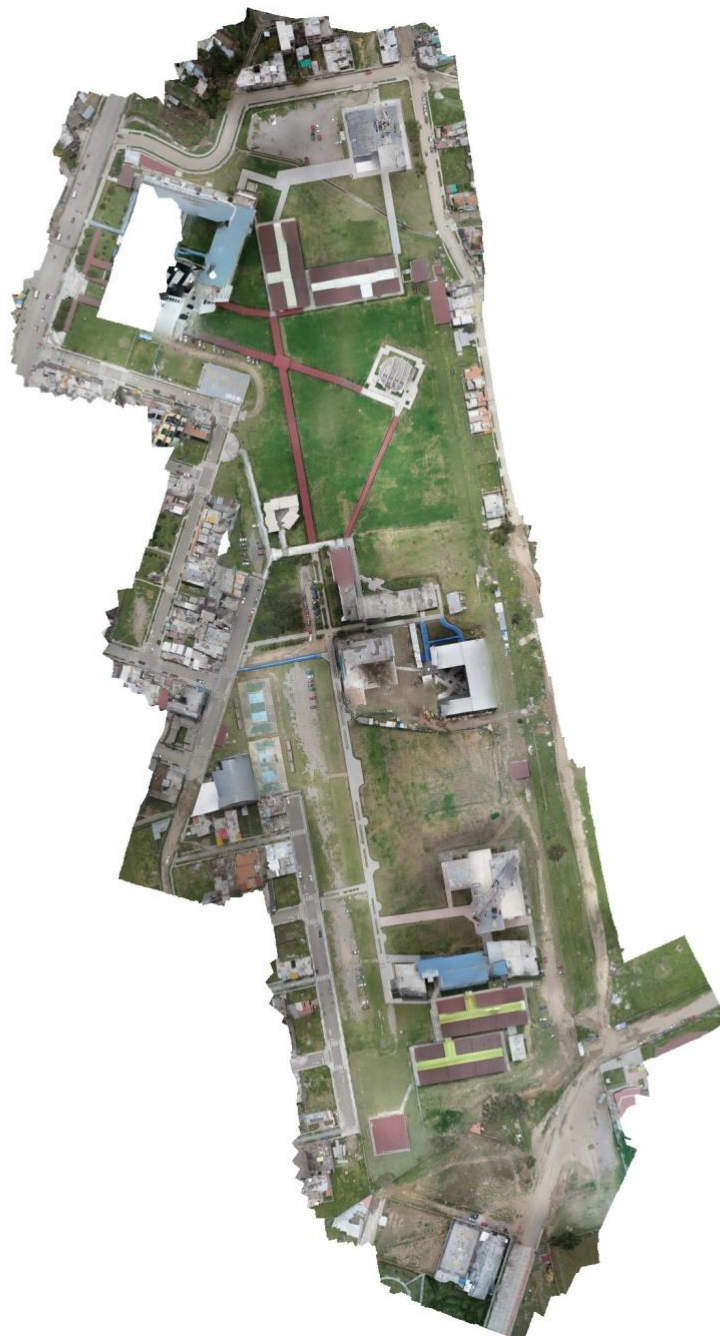
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Metodología
Problema general: ¿Cuál es el resultado de la evaluación de los errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial?	Objetivo general: Analizar el resultado de la evaluación de los errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial.	Hipótesis general: el método de levantamiento topográfico con el uso del Dron, permite obtener resultados estadísticamente en comparación con el método del levantamiento topográfico utilizando el sistema de posicionamiento global diferencial (GPS diferencial).	Variables Variable independiente 1(X1) Error máximo permisible Error altimétrico Error planimétrico Costo Tiempo	metros metros soles tiempo	Método general: Método científico. Tipo de investigación: Aplicada. Nivel: Explicativo. Diseño de investigación: No Experimental. Población: está conformada por los terrenos de propiedad de la Universidad Peruana Los Andes. Muestra: Fue tomada de acuerdo al método no probabilístico o intencional constituida por el campus universitario de chorrillos.
Problemas específicos: a) ¿Cuál es el error máximo permisible altimétrico entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial? b) ¿Cuál es el error máximo permisible planimétrico entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial? c) ¿Cuál es el costo comparativo entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial?	Objetivos específicos: a) Determinar el error máximo permisible altimétrico entre el levantamiento topográfico empleando el Dron y Sistemas de Posicionamiento Global Diferencial. b) calcular el error máximo permisible planimétrico entre levantamiento topográfico empleando el Dron y Sistema de Posicionamiento Global Diferencial. c) Evaluar el costo comparativo topográfico empleando el Dron y Sistemas de Posicionamiento Global Diferencial.	Hipótesis específicas: a) El levantamiento de levantamiento topográfico utilizando Dron presenta la misma precisión altimétrica que con el GPS Diferencial. b) El método de levantamiento topográfico utilizando Dron presenta la misma precisión planimétrica que con el GPS Diferencial. c) el método de levantamiento topográfico utilizando Dron resulta ser más económico para la realización de levantamientos topográficos.	Variable dependiente (Y): Levantamiento topográfico. Dron Sistema de posicionamiento global diferencial	UTM UTM	

ANEXO N° 02: INFORME TOPOGRAFICO

Agisoft Metashape

Informe de procesamiento
10 Marzo 2020



Datos del levantamiento

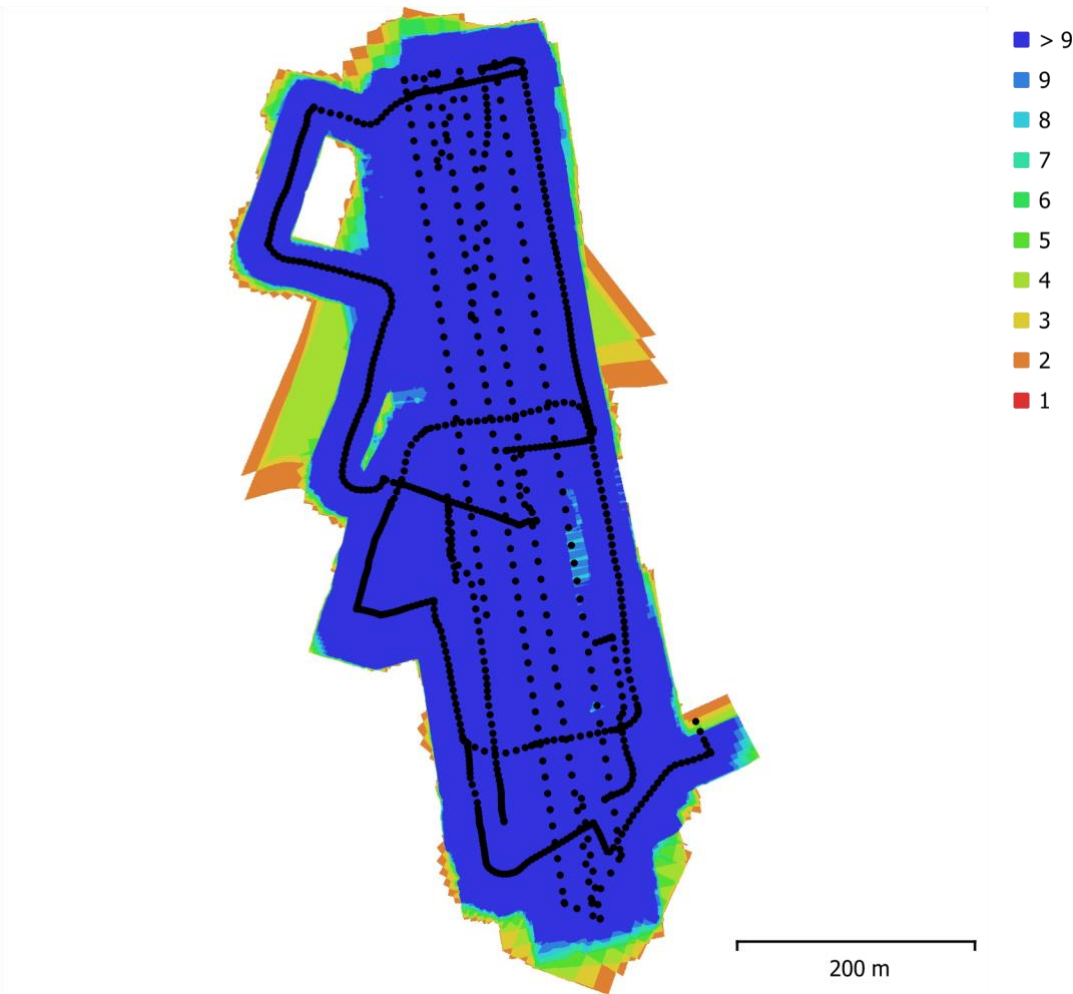


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 969

Panorámicas multicámara: 969

Altitud media de vuelo: 61.1 m

Puntos de paso: 429,872

Resolución en terreno: 1.51
cm/pix

Proyecciones: 1,746,281

Error de reproyección: 2.15

Área cubierta: 0.199 km²

pix

Modelo cámara	de	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8mm)		5472 x 3078	8.8 mm	2.53 x 2.53 micras	No
FC6310 (8.8mm)		5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

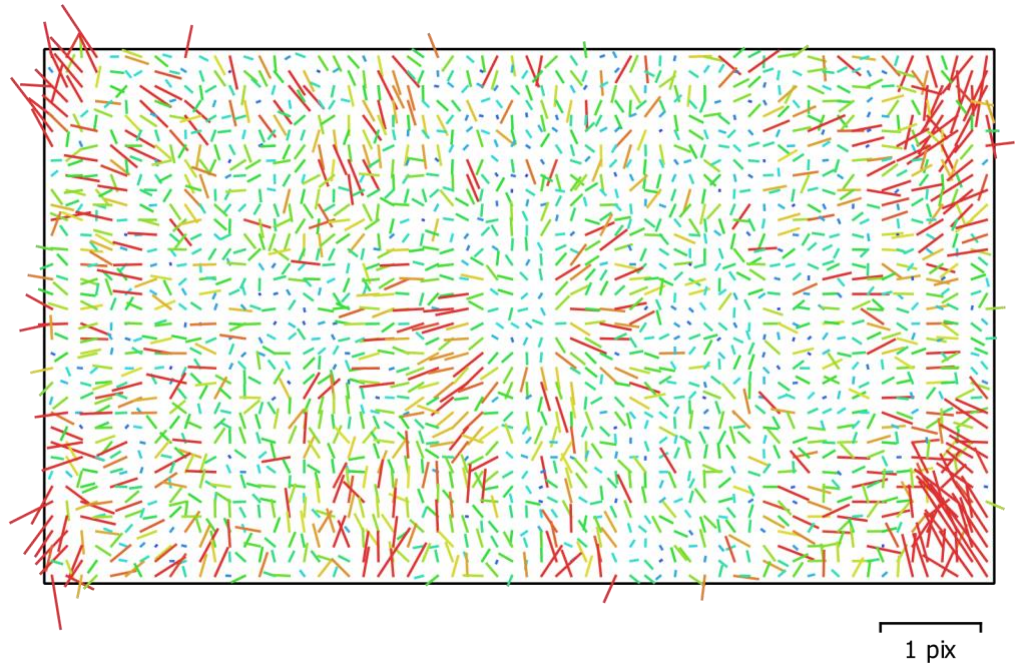


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)

752 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
5472 x 3078

Distancia focal
8.8 mm

Tamaño de píxel
2.53 x 2.53 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3692.75	0.64	1.00	0.3 2	- 0.39	0.08	0.02	- 0.00	0.16	0.07
Cx	64.7885	0.11		1.0 0	- 0.08	0.02	- 0.00	0.00	0.66	0.00
Cy	45.085	0.11			1.00	- 0.06	0.02	- 0.02	- 0.06	0.27
K1	0.00543906	8.5e- 005				1.00	- 0.91	0.86	0.05	- 0.06
K2	-0.00702258	0.00025					1.00	- 0.98	- 0.01	- 0.00
K3	0.00694831	0.00023						1.00	0.01	0.01
P1	0.00628838	7.8e- 006							1.00	- 0.06
P2	0.0025996	4e-006								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Calibración de cámara

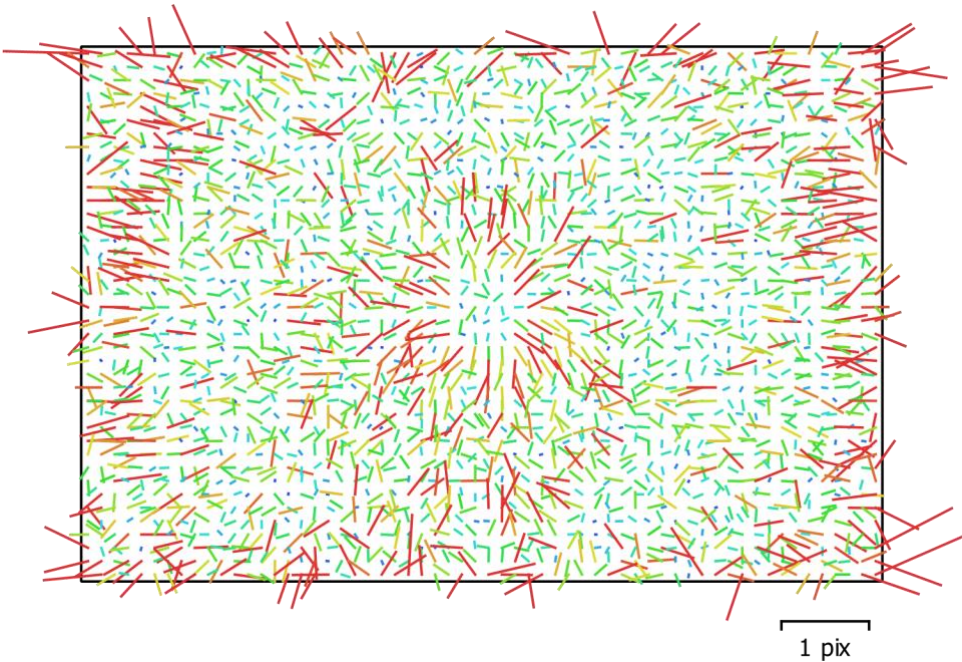


Fig. 3. Gráfico de residuos para FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)
217 imágenes

Tipo Cuadro Resolución 5472 x 3648 Distancia focal 8.8 mm Tamaño de píxel 2.41 x 2.41 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3659.46	0.59	1.00	- 0.05	- 0.03	0.05	0.06	- 0.04	- 0.04	0.05
Cx	-22.6297	0.12		1.00	0.02	- 0.04	0.03	- 0.02	0.68	0.00
Cy	36.3451	0.094			1.00	- 0.00	0.01	- 0.01	- 0.01	0.62
K1	0.00396745	0.00013				1.00	- 0.92	0.86	- 0.04	0.02
K2	-0.0108728	0.00037					1.00	- 0.98	0.03	- 0.00
K3	0.0110053	0.00033						1.00	- 0.03	0.00
P1	-0.00143967	9e-006							1.00	- 0.02
P2	0.00115086	7.7e-006								1.00

Tabla 3. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Posiciones de cámaras

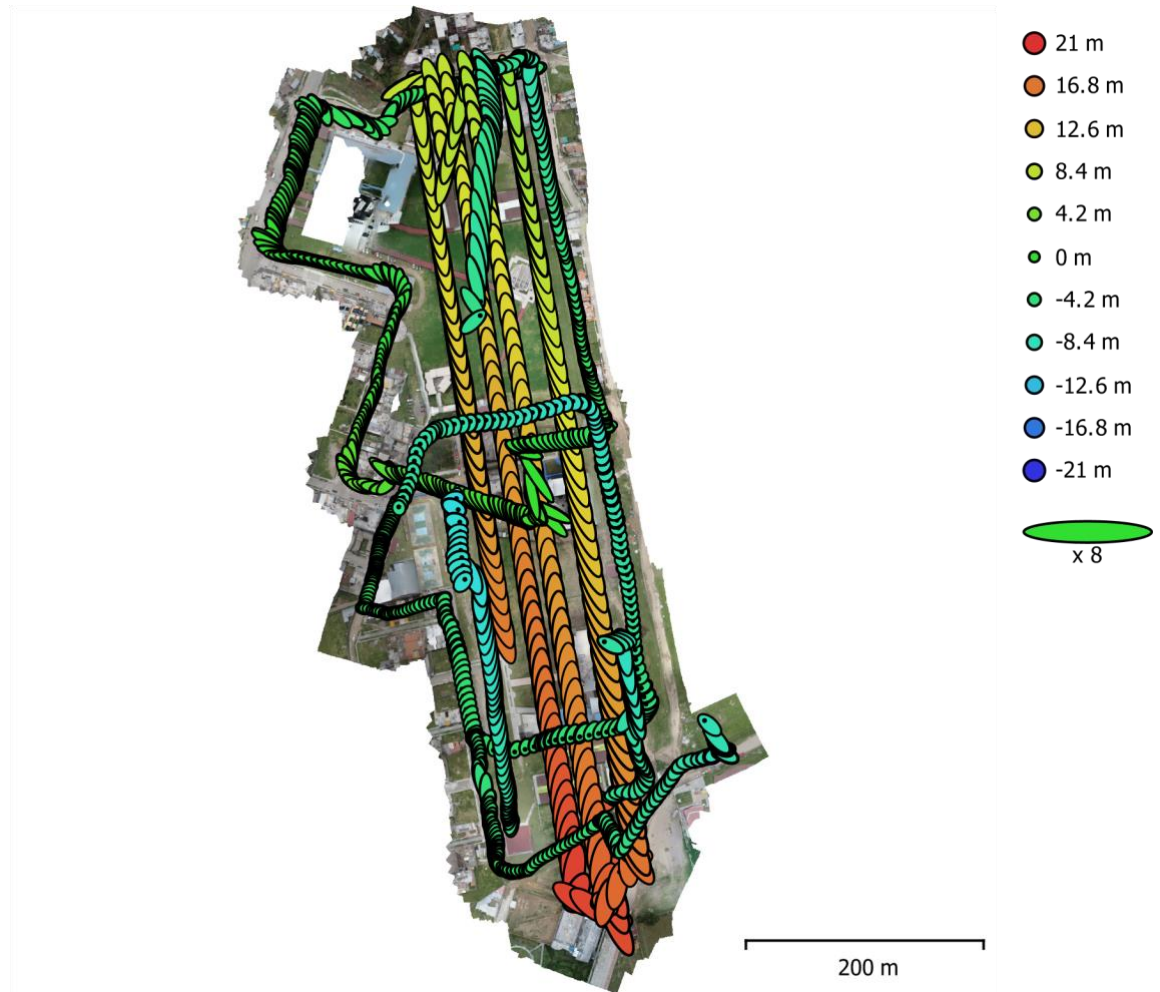


Fig. 4. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
0.91971	2.13401	7.67804	2.32376	8.02198

Tabla 4. Errores medios de las posiciones de cámaras.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

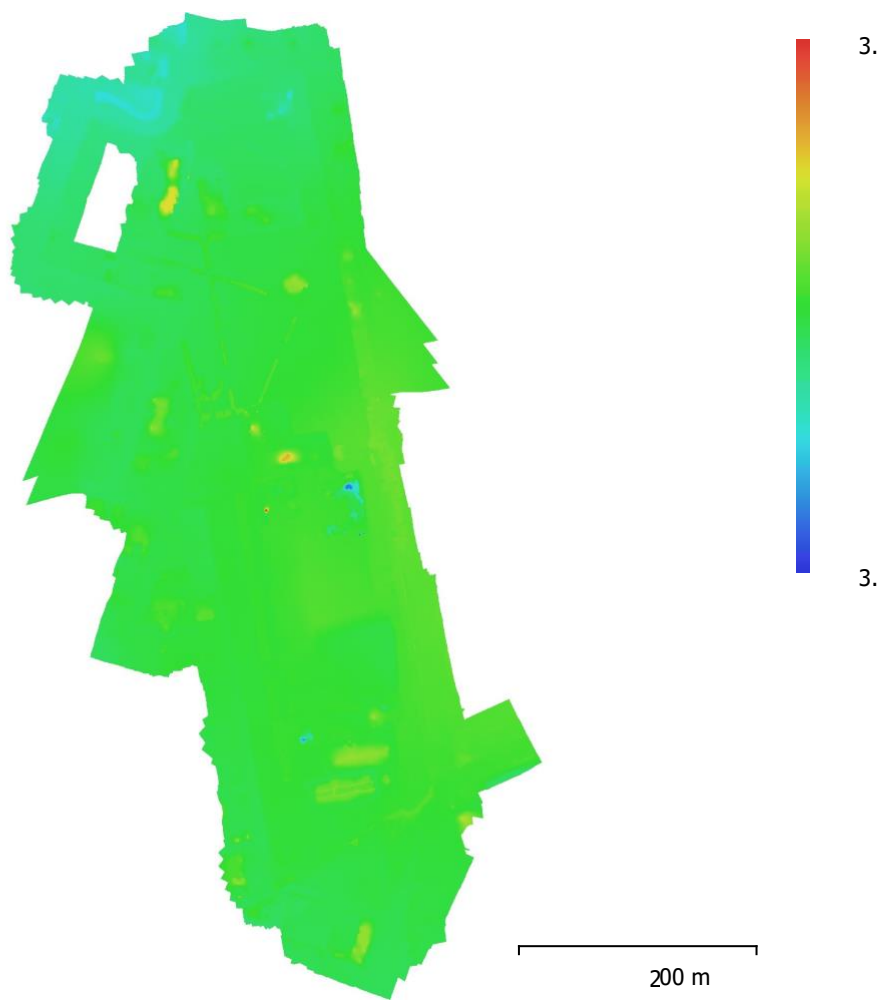


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 6.03 cm/pix
Densidad de puntos: 275 puntos/m^2

Parámetros de procesamiento

Generales		
Cámaras		969
Cámaras orientadas		969
Formas		
Polilíneas		778
Polígonos		26992
Sistema de coordenadas		WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)

Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	429,872 de 480,844
RMS error de reproyección	0.129243 (2.15181 pix)
Error de reproyección máximo	0.391016 (52.3222 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	15.7601 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.41473
Parámetros de orientación	
Precisión	Baja
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	30,000
Puntos de paso por foto	3,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	3 minutos 31 segundos
Tiempo de orientación	6 minutos 35 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Mapas de profundidad	
Número	969
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	43 minutos 54 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Nube de puntos densa	
Puntos	72,228,350
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	43 minutos 54 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	1 hora 11 minutos
Versión del programa	1.5.2.7838
Modelo digital de elevaciones	
Tamaño	10,351 x 18,695
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Parámetros de reconstrucción	
Datos fuente	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	2 minutos 3 segundos
Generales	
Versión del programa	1.5.2.7838
Ortomosaico	
Tamaño	29,692 x 55,116
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico

Superficie	Modelo digital de elevaciones
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	22 minutos 45 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Software	
Versión	1.5.2 build 7838
Plataforma	Windows 64

ANEXO N° 03: PANEL FOTOGRÁFICO



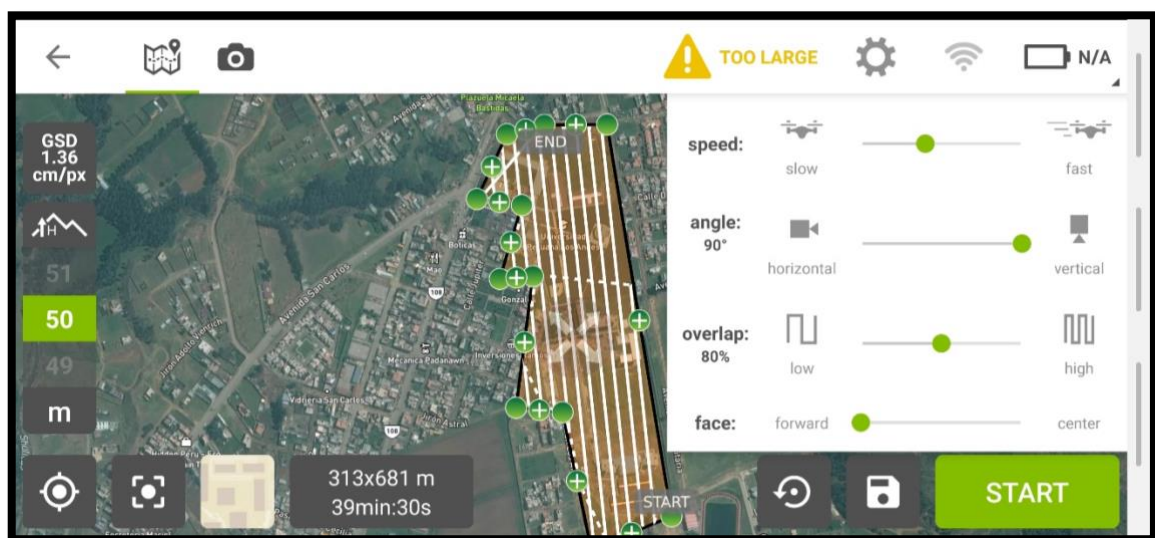
Fotografía 1. Analizando el campus universitario de la Universidad Peruana Los Andes.



Fotografía 2. Preparando el dron Phamton 4 Pro para el vuelo.



Fotografía 3. Preparando el dron para el vuelo.



Fotografía 4. Programando la ruta de vuelo.



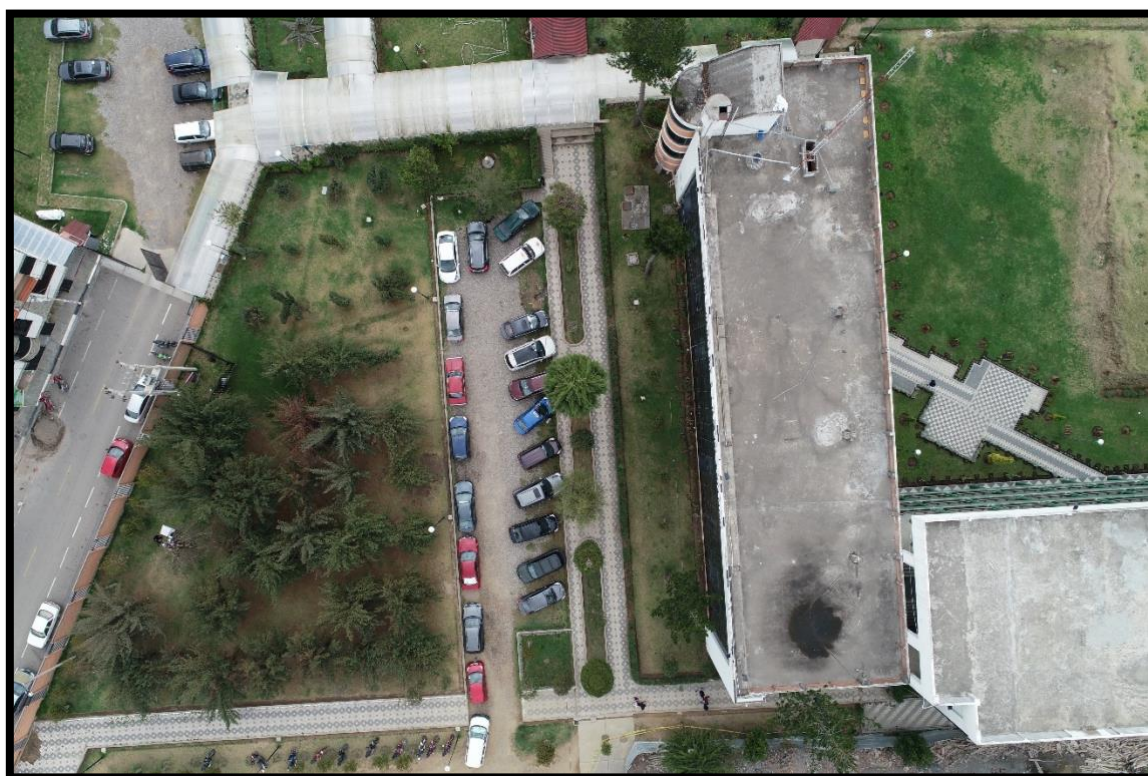
Fotografía 5. Iniciando el vuelo en el campus universitario.



Fotografía 6. Verificando las imágenes obtenidas por el dron, verificando las condiciones de vuelo como son la velocidad, altura y ruta de vuelo.



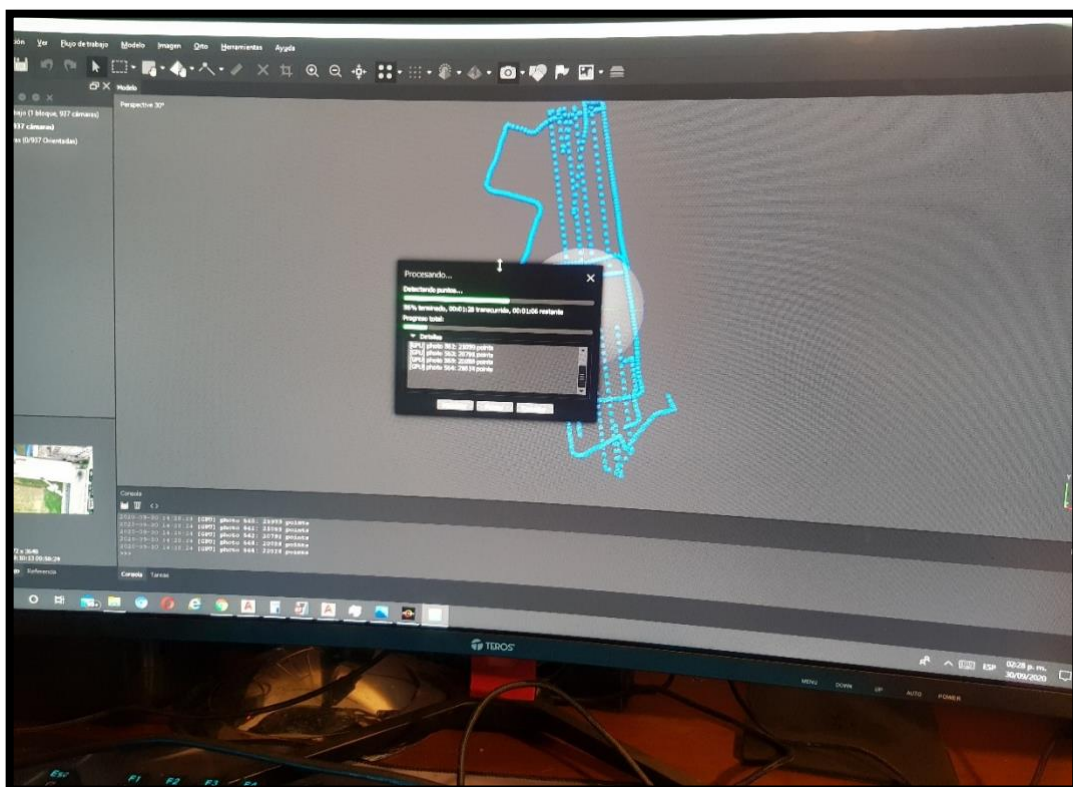
Fotografía 7. Verificando la zona que está volando el dron.



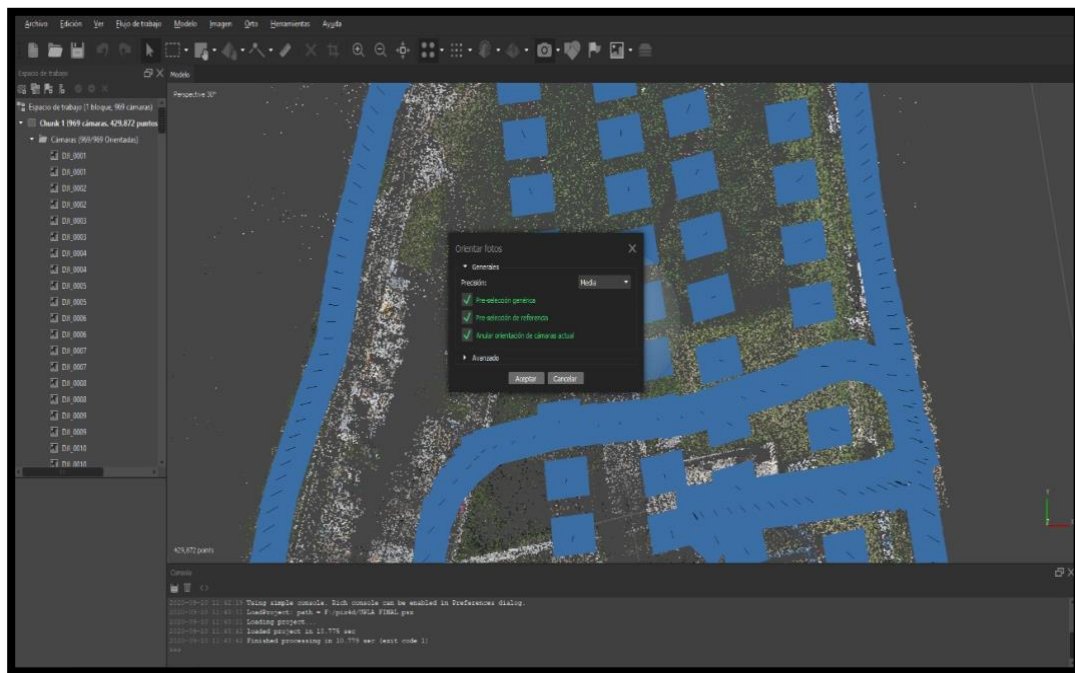
Fotografía 8. Fotografía tomada por el dron por el pabellón de la facultad de derecho.



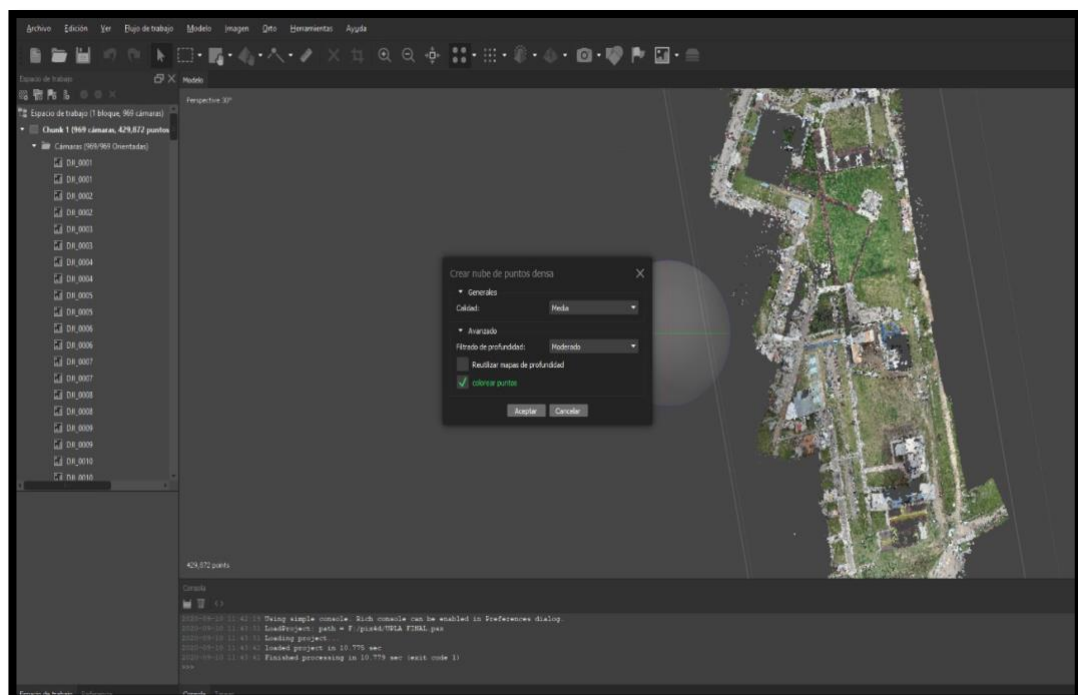
Fotografía 9. Regreso del dron al punto de inicio ya culminando el levantamiento topográfico.



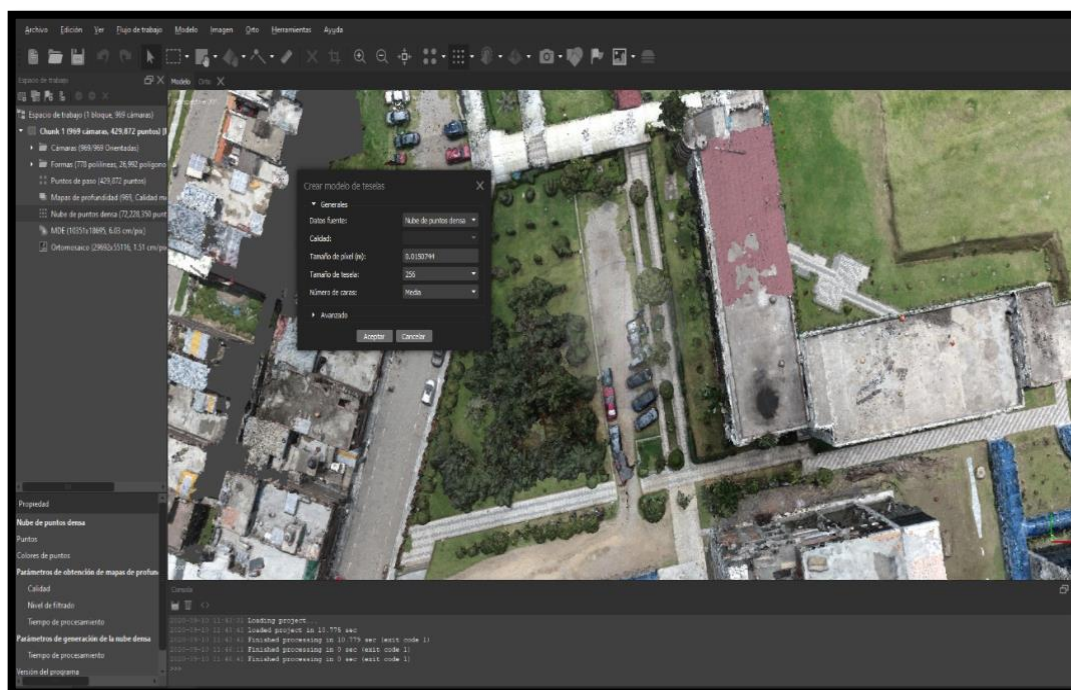
Fotografía 10. Ingresando las imágenes obtenidas por el dron en el programa Agisoft PhotoScan.



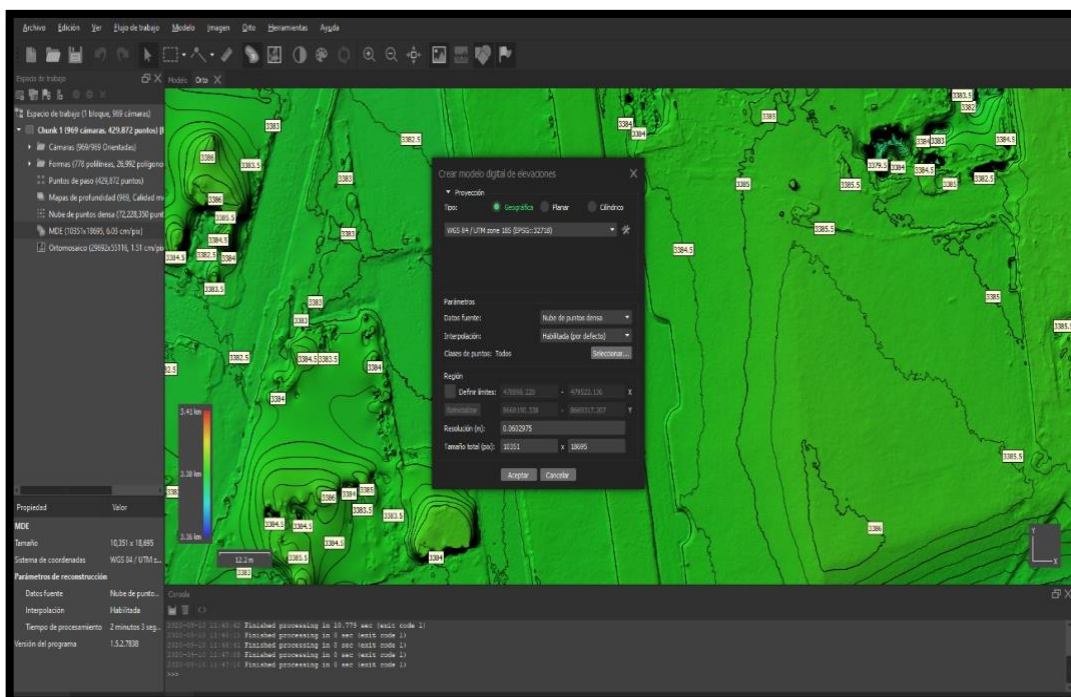
Fotografía 11. El programa analiza la orientación de las imágenes tomadas.



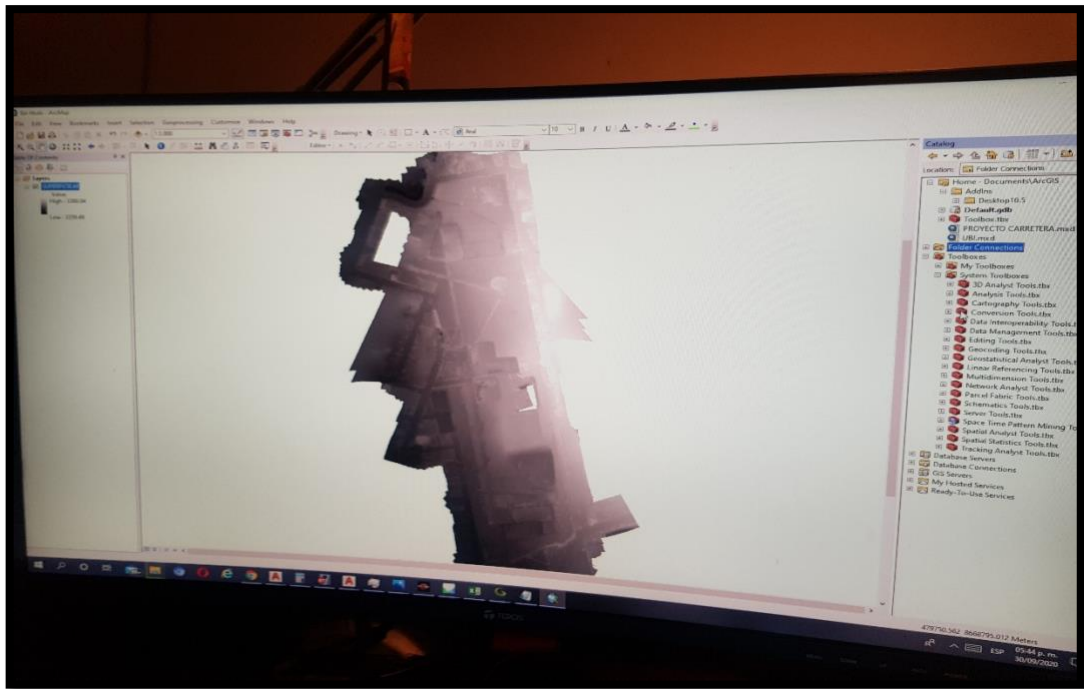
Fotografía 12. Creación de la nube de puntos.



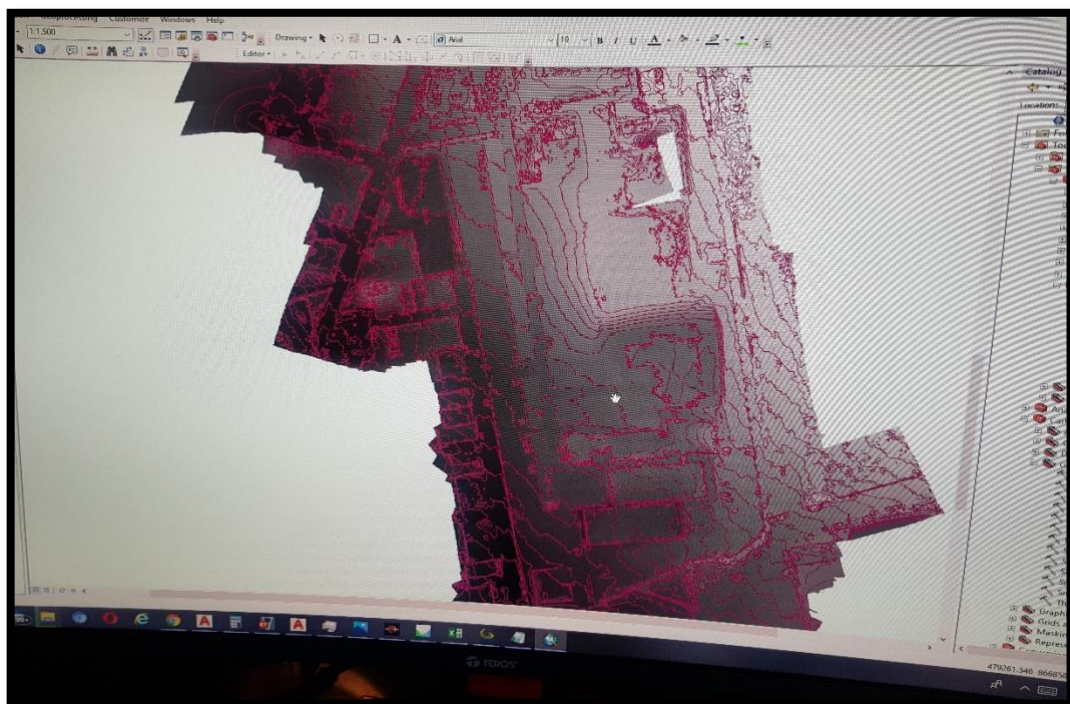
Fotografía 13. Creación del modelo de teselas.



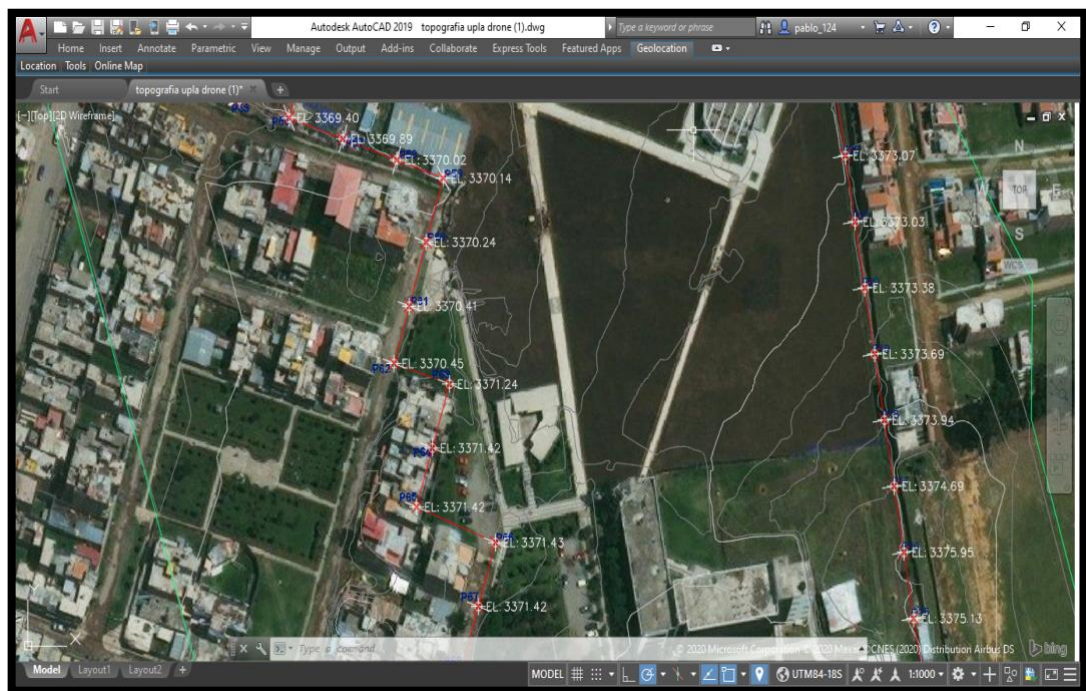
Fotografía 14. Creación del modelo digital de elevaciones.



Fotografía 17. Estando en el programa ArcGIS exportamos la ortofotografía.



Fotografía 18. En el programa ArcGIS generamos las curvas de nivel.



Fotografía 19. Obteniendo la ortofotografía y las curvas de nivel procedemos a exportar al programa Auto CAD 3D civil para su dibujo correspondiente.



Fotografía 20. Preparando el GPS Diferencial Topcom Hiper V.



Fotografía 21. Estacionando el equipo sobre un punto de control.



Fotografía 22.

radiación con el receptor.

Comenzamos la



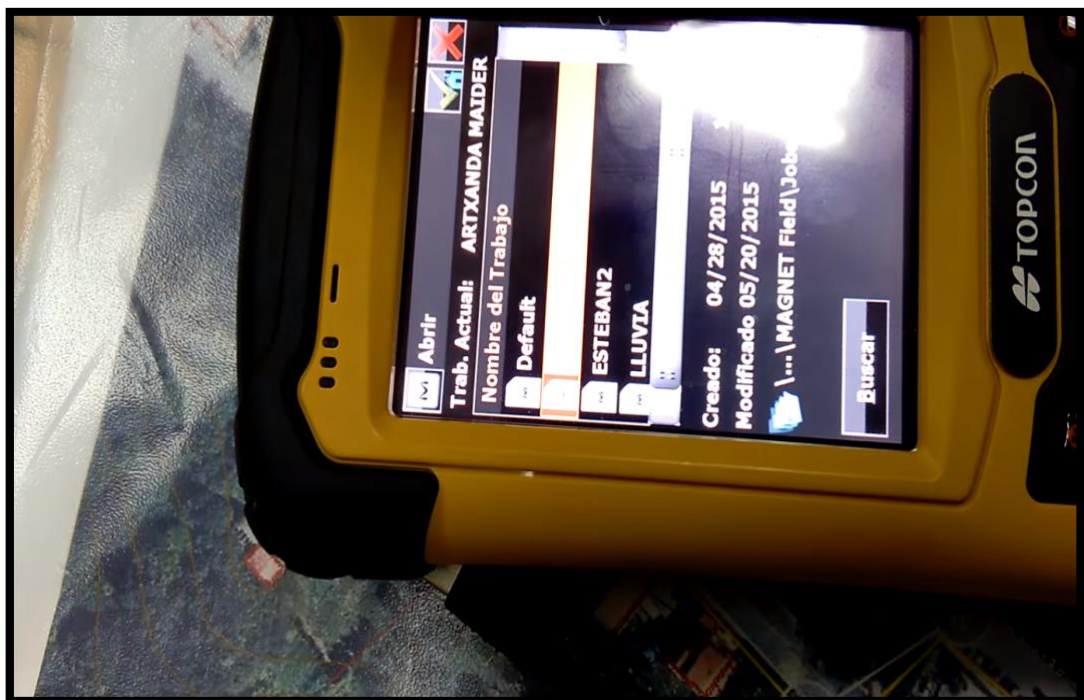
Fotografía 23. Cambiando de estación al siguiente punto de control.



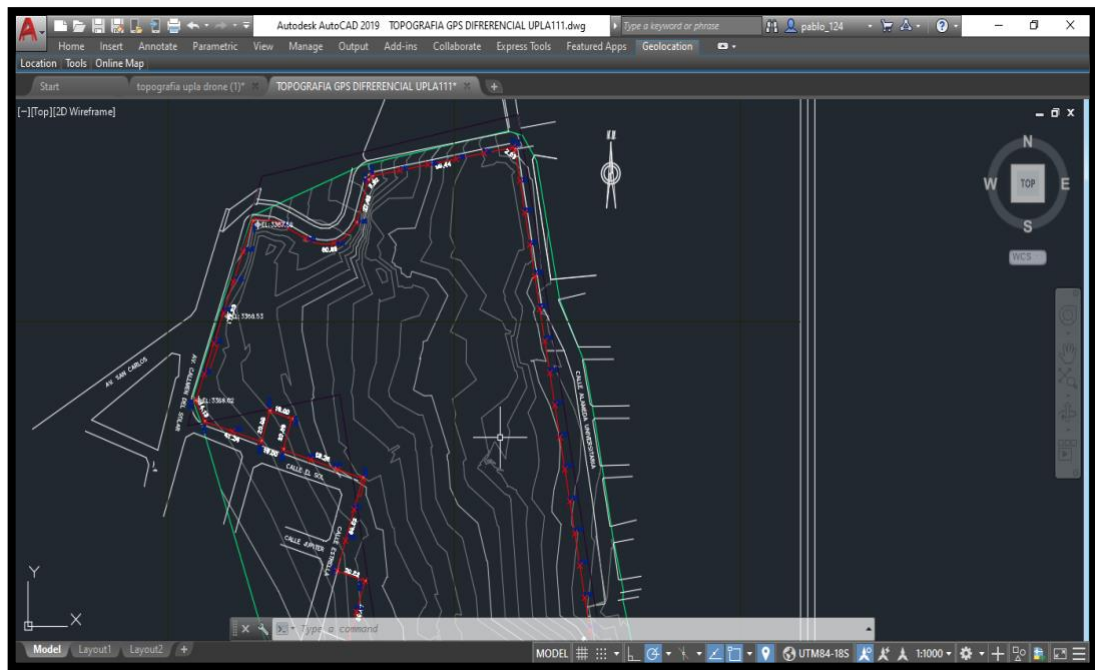
Fotografía 24. Nivelando el equipo en el punto de control.



Fotografía 25. Obteniendo puntos con el receptor.



Fotografía 26. Culminando la toma de puntos procedemos a bajar los puntos.



Fotografía 27. Procedemos a dibujar con los puntos obtenidos con el GPS Diferencial.